

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление подготовки Стандартизация и метрология
Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Метрологическое обеспечение цифрового цветометрического анализа состава веществ

УДК 681.782.43: 535.24: 006.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Выймова Татьяна Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технических наук, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менедж. ИСГТ	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	Кандидат химических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Доктор технических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Выполнять разработку и экспертизу новых технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций и другой нормативной документации, а также пересмотр и гармонизацию действующих нормативно-правовых документов в области стандартизации, сертификации, метрологического обеспечения и управления качеством.
P3	Проводить анализ состояния и динамики метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации с использованием необходимых методов и средств анализа.
P6	Проводить сертификацию продукции, технологических процессов, услуг, систем менеджмента качества, производств и систем экологического управления предприятия.
P15	Осуществлять контроль за испытаниями готовой продукции и поступающими на предприятие материальными ресурсами, внедрением современных методов и средств измерений, испытаний и контроля; проводить аккредитацию органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий.
P19	Обеспечивать адаптацию нормативно-технической документации к прогнозируемому усовершенствованию, модернизации, унификации выпускаемой продукции и функционирования самого предприятия.
P25	Проводить моделирование процессов и средств измерений, испытаний и контроля с использованием современных информационных технологий проектирования и проведения исследований; разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний с анализом их результатов.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровни.
P3	Способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности.
P4	Способность собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по соответствующим социальным, научным, техническим и этическим проблемам.
P6	Способность проявлять гражданскую позицию, интегрированность в современное общество, нацеленность на его совершенствование на принципах гуманизма и демократии.
P10	Способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать измерения для улучшения моделей.
P12	Способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки Метрология, стандартизация и сертификация

Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Стукач О.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Выймовой Татьяне Алексеевне

Тема работы:

Метрологическое обеспечение цифрового цветометрического анализа состава веществ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 957/с от 11.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(Наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам экономический анализ и т. д.).

Цифровой цветометрический метод. Цифровой цветометрический анализатор, для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения. ЦЦА- 2.1

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Проведение аналитического обзора. Описание устройства и работы ЦЦА-2.1 и метода измерения цветового различия. Разработка комплекта документов: Технические условия, руководство пользователя и руководство по эксплуатации, оформление заявки и паспорта ЦЦА-2.1.</p> <p>Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», раздел на английском языке.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация PowerPoint</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский Владимир Юрьевич
«Социальная ответственность»	Пустовойтова Марина Игоревна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.11.2014 г
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технических наук, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Выймова Татьяна Алексеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Выймовой Татьяне Алексеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Компьютерных измерительных систем и метрологии
Уровень образования	Магистр	Направление/ специальность	Стандартизация и метрология

ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Ставки социального налога и районного коэффициента	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала, НИИ	
2. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация и закупок	
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала:

1. График проведения и бюджет НИИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю.	К.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Выймова Т. А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Выймовой Татьяне Алексеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Компьютерных измерительных систем и метрологии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1 Описание рабочего места на предмет возникновения: – вредных проявления факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля); – опасных проявлений факторов производственной среды; – негативного воздействия на окружающую природную среду; – чрезвычайных ситуаций.	– характеристика рабочей зоны; – микроклимат и освещение рабочего места
2 Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Список нормативных и законодательных документов прилагается в списке используемых источников

Перечень вопросов, подлежащих к исследованию, проектированию и разработке:

1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды: – физико-химическая природа вредности, ее связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью	– выявление факторов, характерных для специфики выполняемой работы
2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды: – термические опасности; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность	– электробезопасность; – уровень шума на рабочем месте; – региональная безопасность; – пожарная безопасность
3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	– правовые вопросы обеспечения охраны труда

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова М.И.	К.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Выймова Т. А.		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки Стандартизация и метрология

Уровень образования Магистратура

Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2016 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.03.2015	1 Обзор литературы	20
11.01.2016	2 Практическая часть работы	20
26.04.2016	3 Выполнение раздела «Социальная ответственность»	10
7.03.2016	4 Выполнение раздела «Финансовый менеджмент»	10
15.05.2016	5 Выполнение раздела на английском языке	10
27.05.2016	6 Оформление необходимых приложений и пояснительной записки ВКР (ТУ, РЭ)	15
26.05.2016	7 Выполнение презентации для выступления с ВКР	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технических наук, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Доктор технических наук, профессор		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 156 с., 10 рис., 17 табл., 49 источников, 11 нормативных ссылок, 3 прил.

Ключевые слова: цветовая шкала, цифровой цветометрический анализ, цифровой цветометрический анализатор, полимерные оптоды, метрологическое обеспечение количественного химического анализа.

Целью работы является проведение анализа и разработки метрологического обеспечения Цифрового цветометрического анализа, включая его химическую и инструментальную составляющую.

Объектом исследования является развивающийся метод определения состава веществ цифровой цветометрический анализ.

В результате диссертации будет готовый комплект документов для проведения испытаний и в дальнейшем установление типа и внесение в ГОСРЕЕСТР Цифрового цветометрического анализатора для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1.

Основной областью применения устройства является мониторинг окружающей среды. Также разработка может применяться для успешного управления технологическими процессами, обеспечения надлежащего качества промышленного сырья и продукции, повышение эффективности сельскохозяйственного производства, совершенствования здравоохранения, решения экологических проблем.

Данный прибор может использоваться на производственных предприятиях для контроля различных экологических параметров (мониторинг сточных вод, почв и т.д.). Это поможет сократить сроки проведения химических анализов, что в свою очередь облегчит условия труда для сотрудников лабораторий, они будут меньше времени тратить на работу с химическими элементами, растворами и реактивами, что благоприятно будет влиять на здоровье человека и его самочувствие.

Экономический эффект для предприятия, это экономия внутренних экономических ресурсов, затрачиваемых на контроль экологических показателей. Экономический эффект для сотрудников службы контроля, при увеличении круга предприятий для контроля экологических параметров увеличивается и прибыль данных организаций.

Данный метод точной оценки определяемого параметра способствует повышению оперативности проведения данных химических анализов, что важно в определенных ситуациях. Стабильная работа предприятия не исключает возможность аварийной ситуации, такой как неконтролируемый выброс вредных и опасных веществ в сточные воды. В этом случае быстрый химический анализ сточных вод будет необходим, для предотвращения или принятия каких-либо мер по устранению чрезвычайной ситуации.

Определения

метрологическое обеспечение (МО): Установление и применение метрологических норм, правил и методик выполнения измерений, а также разработка, изготовление и применение технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

количественный химический анализ пробы вещества (КХА): Экспериментальное определение содержания (массовой или объемной доли, молярной концентрации и т.д.) одного или ряда компонентов вещества в пробе физическими, физико-химическими, химическими или другими методами.

метрологическая характеристика средства измерения (МХ СИ): Характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерений и на его погрешность.

колориметрия: Визуальное сравнение интенсивностей окрасок исследуемого окрашенного раствора и стандартного окрашенного раствора определённой концентрации.

спектрофотометрия: Определение интенсивности спектра поглощения при строго определенной длине волны, которая соответствует максимуму кривой поглощения данного исследуемого вещества

полиметакрилатная матрица (ПММ): Специально созданный прозрачный полимерный материал, содержащий функциональные группы, которые обеспечивают возможность извлекать как реагент из растворов, так и определяемое вещество из анализируемого объекта.

Обозначения и сокращения

МО – метрологическое обеспечение;

КХА – количественный химический анализ;

СИ – средство измерений;

МХ – метрологические характеристики;

МВИ – методики выполнения измерений;

СКО – среднее квадратичное отклонение;

ЦЦА – цифровой цветометрический анализ;
ИЧМ – индикатор чувствительного материала;
ПММ – полиметакрилатная матрица;
ЦЦ-анализатор – цифровой цветометрический анализатор;
УОС – устройство обработки сигналов;
ИВЭП– источник вторичного электропитания;
ИОН – источник опорного напряжения;
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
ГОЧ – генератор опорной частоты;
ВП– виртуальный прибор;
ПК – персональный компьютер;
ПО – программное обеспечение;
АЦП– аналогово-цифровой преобразователь.
ТУ – технические условия;
РЭ – руководство по эксплуатации;
РМ – рабочее место.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты

- 1 ГОСТ 8.820–2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
- 2 ГОСТ Р 53696 – 2009 Контроль неразрушающий. Методы оптические. Термины и определения.
- 3 ГОСТ 7721 – 89 Источники света для измерений цвета. Типы. Технические требования. Маркировка.
- 4 РД 50 – 67 – 88 Метрологическое обеспечение количественного химического анализа. Основные положения.
- 5 РМГ 61 – 2010 Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.

6 ГОСТ 2.610 – 2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

7 ГОСТ 2.114 – 95 Единая система конструкторской документации. Технические условия.

8 ГОСТ 15.201 – 2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.

9 ГОСТ 30630.0.0 – 99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования

10 ГОСТ 12.1.019 – 2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

11 ГОСТ Р ИСО 5725 –1–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения

Оглавление

	С.
Введение	15
1 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	16
1.1 Цели и задачи метрологического обеспечения	16
1.2 Количественный химический анализ. Характеристики методик КХА	19
1.2.1 Метрологические требования к методикам КХА	20
1.2.2 Метрологические характеристики методик КХА	22
1.3 Виды работ метрологического обеспечения КХА	25
1.4 Анализ методов метрологического обеспечения КХА	27
1.4.1 Оптические методы	29
1.4.2 Анализа спектрофотометрических методов	31
1.5 Метод цифрового цветометрического анализа	32
1.5.1 Полимерные оптоды	36
1.5.2 Цветовая шкала	38
1.5.3 Оборудование и аппаратно-программная реализация определения цветового различия	38
2 ЦИФРОВОЙ ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР	41
2.1 Принцип работы и технические характеристики	41
2.2 Программное обеспечение ЦЦА-2.1	45
2.2.1 Требования к аппаратному и программному обеспечению	49
2.3 Экспериментальное применение ЦЦА-2.1	50
2.4 Метрологические характеристики	51
2.5 Конкурентные преимущества	52
3 Разработка документации	53
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	57
4.1 Организация и планирование работ	58

4.1.1	Продолжительность этапов работ	58
4.1.2.	Расчет накоплений готовности работы	60
4.2	Расчет смыты затрат на выполнение проекта	62
4.2.1	Расчет затрат на материалы	63
4.2.2	Расчет заработной платы	63
4.2.3	Расчет затрат на социальный налог	64
4.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	64
4.2.5	Расчет амортизационных расходов	66
4.2.6	Расчет прочих расходов	67
4.2.7	Расчет общей себестоимости разработки	67
4.2.8	Расчет прибыли	68
4.2.9	Расчет НДС	68
4.2.10	Цена разработки НИР	68
4.3	Оценка экономической эффективности проекта	69
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	72
5.1	Характеристика рабочей зоны	73
5.2	Микроклимат рабочего места	74
5.3	Освещение рабочего мета	75
5.4	Электрическая безопасность	77
5.5	Уровень шума на рабочих местах	78
5.6	Региональная безопасность	79
5.7	Правовые вопросы обеспечения охраны труда	80
5.8	Пожарная безопасность	83
5.8.1	Причины возникновения пожара	84
5.8.2	Профилактика пожара	84
5.9	Влияние разработки на экологию и охрану труда	85
	ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	87
	Список используемых источников	89
	Приложение А – ФЮРА.443100.001 РЭ. ЦЦА-2.1.	
	Руководство по эксплуатации.	94

Приложение Б – ФЮРА.443100.001 ТУ. ЦЦА-2.1. Технические условия.	115
Приложение В – Раздел на английском языке	142

Введение

Информация о составе и строение смесей (веществ), определение их компонент – является наиболее актуальной из задач аналитической химии, также это необходимое условие успешного управления технологическими процессами, обеспечения надлежащего качества промышленного сырья и продукции, повышение эффективности сельскохозяйственного производства, совершенствования здравоохранения, решения экологических проблем. Химический анализ незаменим в медицинской диагностике, биотехнологии, фармацевтике. И с каждым годом потребность в подобной информации возрастает в связи с увеличением количества выполняемых анализов, числа изучаемых веществ, с расширенным интервалом определяемых содержаний.

От уровня химического анализа, оснащенности лабораторий методами и приборами зависит развитие многих наук и отраслей промышленности. Эта область динамично развивается, и во многом успех развития зависит от квалификации обслуживающего персонала.

Целью работы является разработка метрологического обеспечения цифрового цветометрического анализа, включая его химическую и инструментальную составляющую.

Актуальность данной работы объясняется тем, что в настоящее время во многих отраслях промышленности требуется осуществлять контроль состава веществ, для определения которых используются различные способы и средства измерений. Экспресс-метод определения состава веществ с помощью цифрового цветометрического анализатора является более точным в сравнении с современными спектрофотометрами и менее трудоемким.

1 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

1.1 Цели и задачи метрологического обеспечения

Метрологическое обеспечение (МО) – это установление и применение метрологических норм, правил и методик выполнения измерений, а также разработка, изготовление и применение технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений [2].

Согласно ГОСТ Р 8.820 предметом метрологического обеспечения являются измерения, выполняемые при производстве и эксплуатации продукции, проведении научно-исследовательских и опытно конструкторских работ, проведении экспериментов и испытаний изделий, профилактики, диагностике, лечении заболеваний, контроле условий труда и безопасности, учете материальных ценностей и ресурсов и при осуществлении других видов работ и оказании услуг.

Основными целями метрологического обеспечения являются:

- повышение качества продукции, эффективности управления производством и уровня автоматизации производственных процессов;
- обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, создание необходимых условий для кооперирования производства и развития специализации;
- повышение эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, экспериментов и испытаний;
- обеспечение достоверности учета и повышение эффективности использования материальных ценностей и энергетических ресурсов;
- повышение эффективности мероприятий по профилактике, нормированию и контролю условий труда и быта людей, охране окружающей среды, оценке и рациональному использованию природных ресурсов;
- повышение уровня автоматизации управления транспортом и безопасностью его движения;
- обеспечение высокого качества и надежности связи [3].

Госстандарт Российской Федерации осуществляет решение следующих основных задач метрологического обеспечения:

- определение основных направлений развития метрологического обеспечения и путей наиболее эффективного использования научных и технических достижений в этой области;
- разработку научно-технических, технико-экономических, правовых и организационных основ метрологического обеспечения на всех уровнях управления народным хозяйством;
- организацию и проведение фундаментальных научных исследований по изысканию и использованию новых физических эффектов с целью создания и совершенствования методов и средств измерений высшей точности и определения значений физических констант;
- обеспечение единства измерений в стране, стандартизацию основных положений, правил, требований и норм метрологического обеспечения, развитие и совершенствования государственной системы измерений;
- установление допускаемых к применению единиц физических величин;
- установление системы государственных эталонов единиц физических величин, их создание, утверждение, совершенствование и хранение;
- установление единого порядка передачи размеров единиц физических величин от государственных эталонов всем средствам измерений;
- разработку межотраслевых программ метрологического обеспечения и организацию работ по их осуществлению;
- научно-методическое руководство разработкой комплексных программ метрологического обеспечения отраслей народного хозяйства;
- создание и совершенствование рабочих эталонов и образцовых средств измерений высшей точности, планирование и координацию разработок комплексных поверочных установок и лабораторий;
- установление единых требований к метрологическим характеристикам средств измерений;

- установление порядка, планирование и проведение государственных испытаний средств измерений, предназначенных для серийного или массового производства и ввоза их из-за границы партиями, утверждение типов средств измерений, допущенных к применению в РФ;
- государственную поверку средств измерений;
- установление общих требований к стандартным образцам состава и свойств веществ и материалов;
- осуществление руководства государственной службой стандартных справочных данных государственной службой стандартных образцов веществ и материалов, государственной службой времени, частоты и обеспечение их развития;
- государственный надзор за производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений, и соблюдением метрологических правил, требований и норм, а также за деятельностью ведомственных метрологических служб;
- организацию и выполнение особо точных измерений;
- организацию и осуществление подготовки и повышения квалификации кадров в области метрологии;
- организацию работ по международному сотрудничеству в области метрологии, обеспечения единства и требуемой точности измерений, необходимых для международной торговли, научно-технического и экономического сотрудничества;
- увязку работ по метрологическому обеспечению с нуждами обороны страны;
- организацию и осуществление научно-технической информации в области метрологического обеспечения и экспонирования на постоянной выставке средств измерений, предназначенных для серийного или массового производства и ввоза из-за границы партиями [3], согласно РД 50–67–88.

Таким образом, в решении задач метрологического обеспечения должны участвовать все ведомственные органы и технические службы, связанные с «производством и потреблением» измерительной информации, с нормативным и приборным обеспечением процессов ее получения.

Деятельность по метрологическому обеспечению любых научных, технических и социальных задач должна строиться на базе определенных технико-экономических показателей, характеризующих ее уровень, эффективность и влияние на общие критерии качества решения этих задач (полная система таких показателей в настоящее время еще не разработана и это является важнейшей проблемой на стыке метрологии, экономики и организации производства).

Конечная цель метрологического обеспечения – свести к рациональному минимуму возможность принятия ошибочных решений по результатам измерений, испытаний и контроля сырья, материалов, изделий и процессов [4].

1.2 Количественный химический анализ. Характеристики методик КХА

Существует множество методов элементного анализа для установления качественного и количественного состава химических элементов в веществе или материале [5]. Информация о составе и строение сложных смесей (веществ), определение их компонент – является наиболее актуальной из задач аналитической химии, поэтому количественному анализу уделяется большее внимание. Количественный химический анализ пробы вещества (КХА) –экспериментальное определение содержания (массовой или объемной доли, молярной концентрации и т.д.) одного или ряда компонентов вещества в пробе физическими, физико-химическими, химическими или другими методами [5].

КХА является основным инструментом обеспечения достоверности получаемых результатов анализа объектов окружающей среды [4]. Особенность КХА заключается в том, что возможно измерить состав многокомпонентных систем. Измерение состава затруднено эффектами взаимного влияния компонентов, что

определяет сложность процедуры химического анализа. Характерным для анализа, как измерительного процесса, является то, что определяемый компонент, распределенный в матрице пробы, химически связан с компонентами матриц [4].

Для проведения химических измерений используют, как простые, так и сложные средства измерений (СИ). К простым можно отнести мерные колбы, мерные пипетки, бюретки, аналитические весы, термометры. К сложным средствам измерения относят радиоволновые, оптические, рентгеновские, γ -спектрометры, газовые и жидкостные хроматографы. И все СИ характеризуются совокупностью метрологических характеристик (МХ). Метрологическая характеристика СИ – характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерений и на его погрешность [6].

При проведении химического анализа результат анализа и его точность зависит не только от применяемых СИ, но и от процедуры выполнения самого анализа, т.е. от методики анализа [6]. Данные методики проводят согласно узаконенной форме в установленном порядке, посредством косвенных измерений, либо путем прямых измерений с использованием приборов специального назначения, согласно РД 50–67–88.

1.2.1 Метрологические требования к методикам КХА

Четкие и полные исходные данные ускоряют разработку методики КХА и повышают надежность результатов анализа. Эти исходные данные являются основой для технического задания на разработку методик КХА.

Основные требования к методикам:

- обозначение нижних и верхних границ интервала измеряемых компонент;
- допустимая неопределенность результатов анализа для каждого компонента во всем интервале определяемых содержаний;
- максимальная масса пробы, которая может быть использована для анализа;

– требования к локальности анализа (допустимые погрешности в установлении метоположения участка объекта с найденным по результатам анализа содержанием определяемого компонента);

– перечень нормируемых МХ и нормативов контроля.

При описании следует обратить внимание на такие моменты: идентичность определяемого компонента (во многих случаях необходимо количественное определение конкретных молекулярных или атомных части. Если возможны различные химические формы вещества, и это различие важно для решения аналитической задачи, то определение необходимых форм должно быть обеспечено конкретными операциями или процедурами в составе методики КХА); условия измерений; поправка на извлечение; описание измеряемой величины через процедуру.

Анализ требуемой неопределенности необходим для обоснования выбора эталонов, неопределенность которых должна быть меньше неопределенности результата.

После описания измеряемой величины, производится выбор подходящей методики, которая как правило включает следующие этапы:

1. Пробоотбор и хранение;
2. Подготовка пробы;
3. Введение стандартных образцов в измерительную систему;
4. Градуировка, при необходимости;
5. Проведение аналитических операций;
6. Измерение аналитического сигнала;
7. Обработка данных;
8. Предоставление результатов и интерпретация данных.

После чего необходимо оценить пригодность метода. Валидация методики – подтверждение путем исследования и представления объективных доказательств того, что конкретные требования к использованию метода выполняются. Валидация должна подтверждать адекватность спецификации метода, т.е. содержать обоснованную проверку уравнивания и условий измерения [7].

Важнейшими этапами разработки методик выполнения измерений (МВИ) являются оценка погрешности результатов измерений и выбор адекватного способа контроля точности результатов измерений.

1.2.2 Метрологические характеристики методик КХА

Несмотря на принципиальное различие понятий погрешности и неопределённости, в аналитической практике необходимо уметь пользоваться обеими группами характеристик качества измерений и уметь переходить от одних к другим. Это обусловлено тем, что большинство нормативной и технической документации сформулировано в терминах погрешности. Это относится как к точным, так и к интервальным оценкам. Так что при разработке и описании характеристик КХА принято использовать показатели неопределённости [7]. Также необходимо отметить то, что методики КХА предназначены для измерения концентрации определенных веществ в определенных объектах.

Показателями качества результатов анализа являются:

- *внутрилабораторной прецизионности* – степени близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях, по ГОСТ ИСО 5725;

- *оценки повторяемости*– прецизионности в условиях повторяемости (условия, при которых независимые результаты измерений получаются одним и тем же методом на идентичных объектах испытаний, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени, по ГОСТ ИСО 5725);

- *воспроизводимости*– прецизионности в условиях воспроизводимости (условия при которых результаты измерений получаются одним и тем же методом, на идентичных объектах, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования, по ГОСТ ИСО 5725);

– *правильности* – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений, к принятому опорному значению, по ГОСТ ИСО 5725;

– *точности* – степень близости результатов измерений к принятому опорному значению [5], согласно ГОСТ ИСО 5725.

Первые три МХ зависят от случайной погрешности и определяют прецизионность МВИ; *правильность* – определяет систематическую погрешность, а *точность* – включает сочетание случайной и систематической погрешностей. Интервальной оценкой точности результата анализа является внутрилабораторная погрешность $\Delta_{\text{л}}$ или погрешность Δ . Первая включает интервальную оценку внутрилабораторной прецизионности и интервальную оценку систематической погрешности $\Delta_{\text{с}}$, а вторая – соответствующие оценки воспроизводимости и систематической погрешности.

Как указано выше в последние годы метрологи предлагают качество результата измерения характеризовать неопределенностью [38]. Без указания неопределенности результат измерения не может быть правильно интерпретирован, поэтому неопределенность рассматривается как неотъемлемая часть результата [38].

Также для оценки качества методик КХА вместе с обычными МХ используются специфические показатели [1]:

– *сходимость* – качество анализа, отражающее близость результатов определения одной и той же величины в одном и том же объекте в одинаковых условиях;

– *чувствительность (коэффициент чувствительности) и градуировочная характеристика* аналитической методики определяются так же, как и для средств измерений;

– *предел обнаружения* является важной характеристикой методики, это минимальное значение концентрации, которое может быть с уверенностью обнаружено;

– *робастность* является свойством методики анализа, которое характеризует ее устойчивость к небольшим изменениям условий измерений. Это качественное понятие, и обычно робастной методикой считается та, для которой ни один из контролируемых или неконтролируемых факторов не имеет значимого влияния на результат анализа. Данное понятие частично пересекается с понятием нормальных рабочих условий эксплуатации средств измерений;

– *специфичность и селективность* – это средства выражения степени влияния веществ матрицы пробы на результат анализа по данной методике. Полная информация такого рода практически недоступна, поэтому чаще всего эти понятия используют как качественные;

– *неопределенность* используют для характеристики результатов количественного химического анализа, в «широком» смысле – как неполное (неопределенное) знание концентрации после измерения, т.е. как аналог доверительного интервала или возможность учета влияния факторов, не измеряемых в данном эксперименте. В «узком» смысле – как мера этого незнания [1];

– *нижняя и верхняя границы определяемых содержаний* – наибольшее и наименьшее значение содержания определяемого компонента в пробе вещества объекта анализа, которое может быть определено по данной методике анализа. В самой методике верхняя граница диапазона определяемого содержания компонента будет описана как: данная методика позволяет определить содержание элемента в пробе при его содержании более 10 %; нижняя граница диапазона, определяемого позволяет определить содержание элемента в пробе при его содержании не менее 10^{-2} % [6].

Оценка погрешности КХА отличается от оценки погрешности результата анализа тем, что предусматривает установление связи между концентрацией аналита и погрешностью результата анализа, полученного с использованием данной методики. При этом оценивают случайную погрешность (показатели прецизионности), систематическую погрешность (показатель правильности) и общую погрешность (показатель точности) результата анализа для нижней x_n , верхней x_v границы диапазона определяемых концентраций методики и его середины x_c и с

помощью критерия Фишера для среднего квадратичного отклонения (СКО) соответствующих погрешностей оценивают значимость их отличия. Если для границ диапазона они отличаются значимо, а для каждой из границ и середины – незначимо, тогда разбивают диапазон на два поддиапазона и каждый поддиапазон характеризуют своим значением погрешности. Если все три СКО отличаются значимо, то процесс разбиения на возможные поддиапазоны продолжают дальше. При этом сравнивают между собой не только абсолютные (S), но и относительные (S_r) СКО. Довольно часто в одном поддиапазоне погрешность или ее характеристика СКО не зависят от концентрации, а в другом поддиапазоне погрешность возрастает пропорционально концентрации определяемого компонента, то есть остается постоянной относительная погрешность. Полученные зависимости показателей методики от концентрации аналита в пробе отражают в табличной, графической или (гораздо реже) в аналитической форме.

Помимо МХ количественный химический анализ включает в себя проверку еще и технических характеристики [5]:

- *возможность автоматизации* – создание кибернетических машин, выполняющих по определенной программе ряд операций (поступление пробы – анализ – результат анализа) – требует капитальной перенастройки анализа. Это к сожалению не всегда возможно и удобно;
- *дистанционный контроль* – возможность контролировать операции выполнения анализа (контроль результатов анализа, проведения анализов и. т. д.);
- *экспрессность* – возможность быстрого проведения анализа;
- *энергоемкость* – малые затраты энергии на проведение большого числа анализов [5, 8].

1.3 Виды работ метрологического обеспечения КХА

Метрологическое обеспечение КХА включает в себя следующие основные виды работ:

- установление норм погрешностей результатов КХА;

– воспроизведение и передачу размеров единиц физических величин, которые характеризуют состав веществ или их свойства, которые функционально связаны с составом этих веществ;

– разработка стандартных образцов, аттестованных смесей, стандартных справочных данных и рекомендованных стандартных данных;

– обеспечение однотипности используемых в КХА средств измерений при разработке, выпуске, эксплуатации и ремонте, а также их соответствии стандартным поверочным схемам или другим нормативным документам;

– обеспечение в методиках КХА выполнения необходимых метрологических требований;

– метрологический контроль КХА;

– разработку комплекса нормативных документов, положений, правил по обеспечению необходимой точности результатов КХА;

– государственный надзор и ведомственный контроль за состоянием КХА, включая метрологическую аттестацию аналитических лабораторий [2, 3].

Метрологический контроль КХА проводят путем:

1 Внутрिलाбораторного контроля точности результатов КХА по процедуре, регламентированной в методике КХА;

2 Внутрिलाбораторного статистического контроля точности результатов КХА по процедуре, регламентированной в отраслевых нормативных документах по контролю точности результатов КХА;

3 Внешнего контроля качества работы аналитических лабораторий по процедуре, регламентированной в отраслевых документах по контролю точности результатов КХА и документах Госстандарта [5, 6].

Метрологическое обеспечение количественного химического анализа основывается на общих положениях метрологического обеспечения, которые указаны в ГОСТ Р 8.820 – 2013 и РД 50–67–88.

1.4 Анализ методов метрологического обеспечения КХА

Методов проведения количественного анализа большое множество. Выделяют три группы анализа: химические, физические и физико-химические.

К химическим методам относятся такие виды анализа как весовой, объемный и газовый анализ [9]. Химические методы количественного анализа основаны на проведении химической реакции с определяемым компонентом в пробе анализируемого вещества в условиях выполнения законов постоянства химического состава, законов сохранения массы элементов при химических воздействиях или закона эквивалентности [6].

Физические методы количественного анализа основаны на явлении зависимости интенсивности какого-либо физического свойства вещества объекта анализа от содержания в нем определяемого компонента [10, 11].

Физические и физико-химические методы анализа в свою очередь делятся на группы: электрохимические, спектральные они же оптические, хроматографические, радиометрические, масс-спектрометрические [9].

Электрохимические методы анализа – это группа анализов, основанная на использовании электролиза (процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор, либо расплав электролита). Данный метод включает в себя электровесовой анализ, метод внутреннего электролиза, полярографию и др. [10].

Спектральный анализ заключается в том, что вещество пробы переводится с помощью источника ионизации в парообразное состояние и возбуждается спектр излучения этих паров, когда эти пары проходят через входную щель спектрографа – спектрального прибора, излучение с помощью дифракционной решетки или призмы разлагается на отдельные спектральные линии, которые регистрируются с помощью детектора или на фотопластинке [12].

Хроматографический метод используется для анализа сложных смесей, он основан на распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной; в сложившейся практике в методиках анализа многокомпонентных смесей контролируют содержание одного – двух компонентов с сопоставимыми количествами и свойствами, но минус данного метода в том, что хроматографическое оборудование дорогое и сложное, к нему предъявляется ряд жестких требований [13].

Радиометрические методы анализа основаны на измерении излучений, испускаемых радиоактивными элементами. Данные методы имеют ряд преимуществ: высокая чувствительность, определение количества микропримесей различных элементов в металлах и неметаллах высокой степени чистоты [14].

Масс-спектрометрические методы анализа основаны на определении отдельных ионизированных атомов, молекул и радикалов посредством разделения потоков ионов, содержащих частицы с разным отношением массы к заряду, в результате комбинированного действия электрического и магнитного полей [11].

Оперативный контроль состава веществ требуется в различных производственных процессах (например, водоочистка и водоподготовка), в экологическом мониторинге, в биометрическом и биомедицинском анализе (например, анализ крови на содержание ионов лития, специфических белков, витаминов). Такой количественный химический анализ относится к физико-химическим измерениям [6, 10]. Для оперативного контроля объектов природного и техногенного характера на содержание опасных веществ широко используются оптические методы определения веществ, как наиболее простые в аппаратном оснащении. Сравнительно новым и развивающимся направлением в оптических методах анализа и обладающим высоким потенциалом является химическая цветометрия.

1.4.1 Оптические методы

Как было сказано выше, оптические методы анализа основаны на изучении спектров излучения, поглощения и рассеивания. К этой группе относятся такие методы анализа:

- *эмиссионный спектральный анализ* – метод является физическим, основан на изучении эмиссионных спектров паров анализируемого вещества. Этот метод дает возможность определить элементный состав вещества [10];

- *абсорбционный спектральный анализ* – изучение спектров поглощения исследуемого вещества. Различают исследования в ультрафиолетовой, в видимой и инфракрасной областях спектра;

- *трубидиметрия* – измерение количества света, поглощаемого неокрашенной суспензией;

- *нефелометрия* – использование явлений отражения или рассеивания света окрашенными или неокрашенными частицами взвешенного в растворе осадка;

- *люминесцентный, или флуоресцентный анализ* – основан на флуоресценции веществ, облученных ультрафиолетовым светом, и измерении интенсивности излучаемого или видимого света [6, 10, 15];

- *метод анализа по спектрам комбинационного рассеяния света*, в этом методе использовано явление, связанное с поглощением веществом монохроматического излучения с последующим испусканием нового излучения, отличающегося длиной волны от поглощенного [6];

- *фотометрия пламени* – этот метод является разновидностью эмиссионного спектрального анализа, основан на изучении эмиссионных спектров анализируемого вещества. В этом методе идет распыление анализируемого раствора в пламени, выделения характерной для данного элемента световой волны и измерение интенсивности излучения [6, 10];

- также к оптическим методам относят *рефрактометрический метод*, он основан на изучении вращения плоскости поляризации [6].

Остановимся на оптическом абсорбционном анализе, он включает в себя: *атомно- и молекулярно-абсорбционные методы*. Атомно-абсорбционный метод основан на поглощении световой энергии атомами анализируемых веществ. При длине волны, соответствующей переходу атома из основного в возбужденное электронное состояние, заселенность основного уровня уменьшается. Аналитический сигнал зависит от числа невозбужденных частиц в анализируемом образце (т.е. от концентрации определяемого элемента), следовательно, измеряя количество поглощённого электромагнитного излучения можно определить концентрацию определяемого элемента в исходном образце. Данный метод хорошо подходит для однокомпонентного анализа веществ. В настоящее время этот метод является едва ли не самым удобным для определения содержания металлов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах, почвах, различных сплавах [15].

В молекулярно-абсорбционном анализе, который основан на поглощении света молекулами анализируемого вещества и сложными ионами в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, выделяют следующие методы: спектрофотометрия и колориметрия по РД 50 – 67–88.

Колориметрия или как еще ее называют *цветометрия* (более качественный чем количественный анализ) – это визуальное сравнение интенсивностей окрасок исследуемого окрашенного раствора и стандартного окрашенного раствора определённой концентрации.

Так как в колориметрии количественное выражение рассматривается как характеристика спектрального состава света, данный метод идет на равне со спектрофотометрическим методом, в котором измеряется плотность анализируемых смесей.

Спектрофотометрия – определение интенсивности спектра поглощения при строго определенной длине волны, которая соответствует максимуму кривой поглощения данного исследуемого вещества [6].

Существует большое количество оптических методов неразрушающего контроля. Эти методы контроля качества объектов, в зависимости от области исследования, основаны на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля. В ГОСТ Р 53696 – 2009 описаны все методы оптического контроля.

1.4.2 Анализ спектрофотометрических методов

Спектрофотометрический метод наиболее распространённый метод количественного химического анализа, при котором определяется оптическая плотность исследуемых образцов с последующим их пересчетом в значения концентрации анализируемых компонентов. При таком методе получаемый оптический спектр может иметь сложный характер, что усложняет интерпретацию измеренных данных. Традиционные спектрофотометры обычно предназначены для химического анализа веществ в жидкой фазе и требуют обязательной пробоподготовки, а также высокой квалификации персонала. Эти приборы обладают неудовлетворительными габаритными размерами и массой (5 – 8 кг), что ограничивает их применение для организации экспресс – анализа, в частности, в полевых условиях [11].

Спектрофотометрический метод позволяет изучать количественный и качественный молекулярный состав вещества; данный метод основан на изучении спектров поглощения, отражения и испускания электромагнитных волн, спектров люминесценции в диапазоне длин волн от ультрафиолетового до инфракрасного излучения; спектрофотометрический анализ имеет ряд преимуществ: точность определения и увеличение чувствительности происходит за счет того, что оптическую плотность анализируемых смесей измеряют спектрофотометром с применением монохроматического излучения, более того данный метод используются не только для анализа одного вещества в растворе, но и для анализа многокомпонентной системы растворов (веществ), которые не реагируют друг с другом химически; спектрофотометрия позволяет работать как с окрашенными

смесями, которые поглощают свет в видимой области спектра, так и прозрачными растворами, которые поглощают излучение ультрафиолетовых и инфракрасных областях спектра [16].

1.5 Метод цифрового цветометрического анализа

Цветометрия— наука о методах измерения и количеств, выражения цвета. Выражение цвета рассматривают как характеристику спектрального состава света (отраженного и пропускаемого несамосветящимися телами) с учетом зрительного восприятия. В соответствии с трехкомпонентной теорией зрения любой цвет можно представить, как сумму трех составляющих, так называемых основных цветов. Выбор этих цветов определяет цветовую координатную систему, в которой любой цвет может быть изображен точкой (или цветовым вектором, направленным из начала координат в эту точку) с тремя координатами цвета — тремя числами. Последние соответствуют количествам основных цветов в данном цвете при стандартных условиях его наблюдения [18, 19].

Химический анализ, основанный на изменении цвета, зафиксированного с визуализирующего устройства вызывает повышенный интерес в наше время. Это объясняется рядом преимуществ, таких как простота использования, возможность соединения с портативными и широкоиспользуемыми устройствами отображения, что в свою очередь позволяет проводить аналитические процедуры во многих областях, где есть необходимость проведение исследований на месте, например, таких как мониторинг окружающей среды в реальном времени [19].

Использование цветометрической информации в химическом анализе началось еще в 1960-е годы, когда были предложены индикаторы, изменяющие цвет в зависимости от присутствия того или иного вещества, например, индикаторы концентрации водородных ионов или индикаторы металлов [9, 20]. Эти индикаторы представляют из себя прозрачный, твердый материал поливинилхлоридный носитель (матрицу), в который иммобилизуют аналитический реагент. Но данные сенсоры могли быть применены только в лабораторных условиях с

использованием спектрофотометров. Также, при иммобилизации реагента в матрицу его необходимо перевести в липофильную форму. Это приводит к увеличению расхода реагента и усложнению изготовления индикаторного чувствительного материала. Известны также индикаторные чувствительные порошкообразные материалы, которые используются в виде таблеток или в индикаторных трубках для определения ионов металлов, анионов, органических соединений в жидкостях [21, 22, 17, 18]. Ко всему прочему эти аналитические методы по существу были и остаются качественными, а не количественными.

В последние десятилетия получил распространение новый оптический аналитический метод – цифровой цветометрический анализ (ЦЦА), в котором в качестве чувствительных элементов используются химические сенсоры (хемосенсоры) в виде мембран, созданных из реагентов, иммобилизованных на твердых полимерных матрицах. Иммобилизованные реагенты, взаимодействуя с определяемым компонентом, изменяют цвет твердой матрицы. Это изменение цвета после проведения реакции сохраняется достаточно долгое время и указывает на присутствие определяемого компонента [23].

С появлением этих сенсоров и детекторов изображения, которые дублируют и усиливают человеческое зрение путем электронного восприятия и распознают сочетания цветовых реакций и процессов с датчиками изображения и программного обеспечения, позволило открыть дверь новым стратегиями возможностям аналитической химии [19].

Появление сенсоров и дальнейшее развитие потребительской электроники в конце 20 и начале 21 века способствовали появлению многочисленных устройств с возможностью оптического считывания (детектирования) в руках пользователей. Их характеристики чувствительности, доступности и мобильности делают их привлекательными в качестве потенциальных аналитических инструментов, сочетая в себе распознавание и обработку событий и сигналов в одном устройстве [24, 25]. Например, современные мобильные телефоны и планшеты со своей способностью делать снимки с вычислительной мощностью,

стали своего рода концепцией для новых разработок, которые могут быть включены в медико-информационные технологии, телемедицину и мобильные медицинские услуги, путем удаленной обработки информации посредством передачи данных в централизованную систему архивирования и анализов [26, 27].

С начала второй половины 20 века и по сегодняшний день цифровой анализа на основе цветных сенсоров является наиболее актуальной и развиваемой областью аналитической химии, основное число публикаций наблюдались в последние года, 87,5 % из всего числа работ опубликованы в последнее десятилетие (2005–2015) [19].

За последнее десятилетие использование цифровых фотокамер, а также цифровой обработки изображения приобрело особое внимание со стороны исследователей, занятых в области количественного анализа. Количественное определение с использованием цифровой техники и обработки цифрового изображения основано на анализе RGB данных полученного цифрового изображения окрашенного продукта аналитической реакции. Математические модели цифрового изображения и RGB данные служат для построения градуировочных графиков и количественных расчетов. Значительную распространение цифровой цветометрический анализ приобретает в области определения ионов металлов и других неорганических веществ [31, 32, 33].

Имеются примеры использования цифрового цветометрического анализа при определении органических веществ. В работе [34] цифровой цветометрический анализ применен для обработки изображения формируемого в результате хемилюминесценции иммуносорбентного определения гербицида 2,4,5 трихлорфеноксиксусной кислоты (2,4,5-Т). Диапазон определяемых концентраций от 0,01 до 5,000 нг/мл, минимально определяемая концентрация 24 (пико)г/мл, относительное стандартное отклонение 5,5 % (n=10) для образца с содержанием 5 нг/мл. Способ был апробирован при анализе яблочного сока.

Определение наркотических средств и запрещенных препаратов также является одной из областей применения цифрового цветометрического анализа.

В работах [35, 36] авторы показали возможность использования цифрового цветометрического анализа совместно с традиционными предварительными тестами для разработки быстрого, точного экономически выгодного полуколичественного теста для анализа веществ подлежащих особому контролю. Авторы работы отмечают, что результаты, полученные по цифровому цветометрическому анализу, хорошо согласуются с данными, полученными методом газовой хроматографии.

Известно применение цифрового цветометрического анализа в микробиологии. Содержание микробов может быть определено различными способами, включая прямой подсчет на питательных средах и измерением рассеяния света бактериальными клетками в жидкой среде [37]. Этот подход позволяет определять концентрацию бактериальных клеток в жидкой среде двумя методами: нефелометрией и турбидиметрией. Авторы работы [37] приходят к выводу, что использование цифрового цветометрического анализа для оценки мутности жидкой среды намного снижает стоимость проведения анализа. Фактически, все, что требуется это цифровая камера и компьютер для обработки данных, что намного доступнее, чем традиционные спектрофотометр, спектрофлуориметр, или специальный нефелометр, обычно используемые для этих целей.

Оптические химические сенсоры играют важную роль в промышленном и экологическом мониторинге, благодаря их малой стоимости, возможности миниатюризации и гибкости. Среди различных типов оптических химических сенсоров особой привлекательностью обладают колориметрические сенсоры (оптоды), т.к. они способны распознавать аналиты с помощью изменения (интенсивности) цвета, что позволяет получать визуально наблюдаемый и сравнительно легко измеримый аналитический сигнал [23].

1.5.1 Полимерные оптоды

Данное изобретение относится к аналитической химии и может быть использовано для оперативного контроля концентрации примесей в газах и жидкостях, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Оптоды вырабатываются из полимерных прозрачных материалов по специальной технологии [28]. Это прозрачный индикатор чувствительного материала (ИЧМ), который позволяет упростить визуальную и фотометрическую оценку изменения его окраски после контакта с анализируемым объектом. Для получения прозрачного индикатора используются смеси мономеров и веществ, которые содержат функциональные группы, обеспечивающие межмолекулярные взаимодействия с реагентом и/или определяемым веществом и выбранные из ряда: амидная – CONH_2 , карбоксильная – COOH , гидроксильная – OH , нитрильная – CN , -сложноэфирная – COO –, карбонильная $> \text{C} = \text{O}$, эфирная – O –, серосодержащая – SH , – S –, – $\text{S}=\text{C}$ –, SO_3H , – SCN , галогенсодержащая – CF_3 , – F , – Cl , – I , органические и неорганические солеобразные – (алкил) акрилаты металлов, карбоксилаты металлов. Помимо этого, для получения ИЧМ используются готовые прозрачные полимеры, которые растворяют в растворителе с реагентом и веществами, которые содержат вышеупомянутые функциональные группы. Добиваются однородности полученной массы, после чего полученную смесь выливают в форму и высушивают толстую пленку. После чего при необходимости, разрезается на пластинки нужного размера [21, 29].

В результате контакта оптода с раствором, содержащим определяемый компонент, в нем, при определенных значениях pH , образуется окрашенный координационно-насыщенный комплекс, цвет которого находится во взаимно-однозначном соответствии с содержанием C_i определяемого i -го компонента в пробе [29] (см. рисунок 1.1).

Конкретный цвет зависит главным образом от реагента и определяемого компонента, а светлота – от его количества. Спектральное распределение интенсивности поглощения материала оптода характеризуется максимумом на длине

волны λ тах. Плюсами ИЧМ (оптодов) является то что, эти пластинки прозрачные, просты в изготовлении и имеют широкий круг анализируемых веществ, позволяет анализировать вещества с высокой точностью [29].

Оптоды обычно используют реагенты, иммобилизованные в твердую матрицу в форме монолита или пленки. Эти реагенты обеспечивают экстракцию аналита в чувствительный материал и генерацию оптического сигнала, пропорционального изменению концентрации аналита. Выбор материала матрицы зависит от таких параметров как: восприимчивость к аналиту, механическая прочность, иммобилизирующая способность. В качестве матрицы можно использовать различные сорбенты, например, полимерные матрицы, целлюлозу или силикагель. Перспективным типом оптода является оптически прозрачная полимерная матрица, т.к. ее оптическая плотность может быть легко измерена. Полиметакрилатная матрица (ПММ) – это специально созданный прозрачный полимерный материал, содержащий функциональные группы, которые обеспечивают возможность извлекать как реагент из растворов, так и определяемое вещество из анализируемого объекта [21, 29].

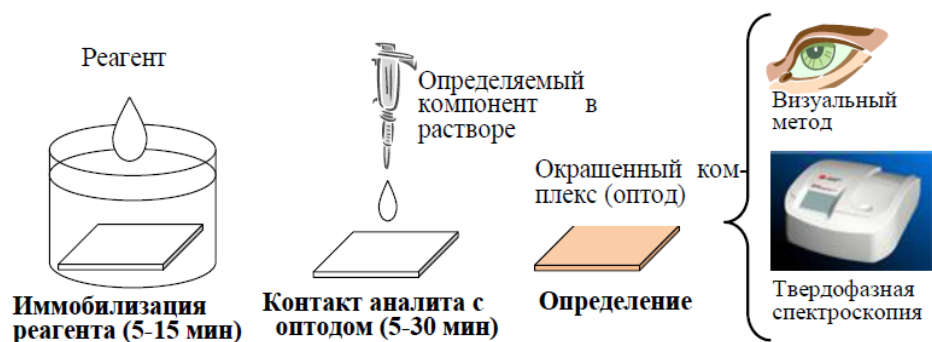


Рисунок 1.1– Последовательность получения и применения полимерных оптодов

Преимуществами полимерных материалов являются высокая механическая прочность, химическая устойчивость, обрабатываемость и возможность простого встраивания в средство измерения. Поэтому ряд научных групп в мире

проводит исследования по созданию прозрачных оптодов, способных сохранять как аналитические свойства иммобилизованных реагентов, так и оптические свойства исходной матрицы.

1.5.2 Цветовая шкала

Цветометрическая шкала представляет собой набор опорных цветных образцов с различной интенсивностью цвета. Интенсивность окраски датчика зависит от концентрации химического элемента и добавляемого раствора (пример цветовой шкалы на рисунке 1.2).








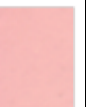

Опорные оптоды									
C , мг/л	0,000	0,024	0,050	0,074	0,100	0,124	0,150	0,174	0,200

Рисунок 1.2 – Шкала для определения концентрации серебра

1.5.3 Оборудование и аппаратно-программная реализация определения цветового различия

Измерение аналитического сигнала с оптода возможно не только с помощью стандартного спектрофотометрического оборудования, но и с применением современных технических решений, таких как портативные оптоволоконные спектрометры, соединенные с мобильным компьютером или смартфоном. Можно было бы пользоваться и простым визуальным определением без использования дорогостоящего оборудования. Однако, последний метод не может обеспечить точность определения, сравнимую с точностью спектрофотометрии. Поэтому видимые изменения цвета должны измеряться инструментальным способом с помощью, например, сканера, датчика цвета, цифровой камеры и т.п. Изоб-

ражение оптода вводится в компьютер, где цвет обрабатывается и интерпретируется с помощью специального программного обеспечения. Использование цифровой обработки оптических сигналов в последние годы широко внедряется в аналитические измерения, благодаря возможности быстрого и прямого определения одновременно нескольких веществ [23].

При проектировании новых устройств для цветометрического анализа в аналитической химии, с точки зрения портативных приборов, должны быть приняты во внимание несколько факторов. Должен быть установлен компромисс между размером, весом, потребляемой мощностью, производительностью, частотой и адаптивности системы к условиям окружающей среды. Вес и габаритные размеры таких портативных приборов должны быть настолько низкими, для возможности легкой транспортировки [25]. Кроме того, эти устройства должны быть готовы к эксплуатации на открытом воздухе, где условия окружающей среды меняются гораздо чаще, чем в помещениях со стабильными условиями. При проектировании и разработки портативных аналитических приборов необходимо учесть рабочие условия окружающей среды, таких как температура, давление, влажность и влага, нахождение в воздухе агрессивных паров, аэрозолей и электромагнитных помех [27].

Развитие методов ЦЦА, применительно к химическому анализу в настоящее время, сдерживается отсутствием приемлемой по стоимости и эффективности аппаратно-программной реализации, а также метрологической проработкой этих технических решений. Возможность для этого обеспечивается применением в качестве оптода в ЦЦА мембран на основе оптически прозрачных полимеров. Использование прозрачных мембран и регистрации не отражения, а пропускания позволяет достигать большей чувствительности при малых поглощениях светового потока, что обеспечивает эффективность цветометрических измерений во всем динамическом диапазоне [23].

Цветовое различие также, кроме приведенных выше способов, может быть измерено любым недорогим компактным цифровым цветометрическим

анализатором (ЦЦ-анализатор), которые используются в полиграфии или в производстве цветных мониторов.

Создание такого рода приборов до недавних пор было невозможным, вследствие отсутствия оптического хемосенсора, сохраняющего прозрачность после контакта с определяемым веществом и компактных недорогих преобразователей. Значительное дополнительное увеличение чувствительности (на 2 порядка) определения веществ достигается применением прямого измерения цвета прозрачных сенсоров, а не их спектрофотометрических характеристик (т.е. оптической плотности или коэффициента пропускания/поглощения). Подобный подход используется в колориметрах фирмы Hanna Instruments (США), которые, однако, используют кюветы для жидких образцов в качестве рабочей среды, как и традиционные спектрофотометры. В предлагаемом же решении используются современные RGB-датчики, которые позволяют создать компактное средство измерений с соответствующим программным обеспечением – мобильный цвето-метрический комплекс.

2 ЦИФРОВОЙ ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР

2.1 Принцип работы и технические характеристики

Для реализации цифрового цветометрического анализа с применением полимерных оптодов, командой сотрудников НИ ТПУ был разработан ЦЦ-анализатор для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения, в котором оптический сигнал с оптода преобразуется в электрический сигнал с помощью полупроводникового датчика цвета. ЦЦ-анализатор преобразует цветовую информацию в числовые значения, которые затем трактуются, как аналитическая информация. Таким образом, ЦЦ-анализатор работает подобно человеческому глазу, который довольно точно распознает различие цветов, несмотря на возможную спектральную сложность оптического сигнала [23, 30].

В состав ЦЦ-анализатора входят:

- первичный измерительный преобразователь (оптод);
- вторичный измерительный преобразователь, содержащий полупроводниковый RGB-датчик типа MCS3AS компании MaZET (Германия) с четырьмя светодиодами – стандартными источниками дневного света D65 (цветовая температура 6500 K) в соответствии со стандартом Международной комиссии по освещению CIE 1965 г. (ГОСТ 7721 – 89);
- устройство обработки сигналов (УОС) на основе платы сбора данных NI myRIO 1900 компании National Instruments (США), содержащее двухъядерный микропроцессор Xilinx Zynq-7010, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), цифровые линии ввода/вывода (В/В), а также Wi-Fi модуль и USB-интерфейс;
- ноутбук или персональный компьютер (ПК), на котором функционирует программное обеспечение (ПО) для управления устройствами, обработки и визуализации цветометрической информации, структурная схема приведена на рисунке 2.1.

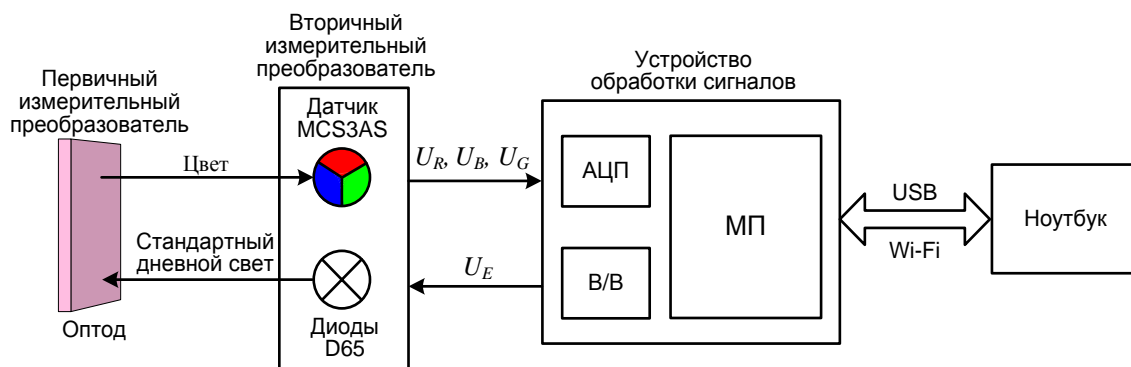


Рисунок 2.1 – Структурная схема ЦЦА-2.1

В дополнение к структурной схеме функциональная схема ЦЦ-анализатора содержит: источник вторичного электропитания (ИВЭП); первый и второй источники опорного напряжения (ИОН 1) и (ИОН 2); динамическое оперативное запоминающее устройство (ОЗУ); энергонезависимая перепрограммируемая память (ППЗУ) типа EEPROM; генератор опорной частоты (ГОЧ).

АЦП имеет следующие характеристики: разрешающая способность 12 бит, частота дискретизации до 500 кГц, полоса пропускания 50 кГц, степень квантования 0.6 мВ – и используется для преобразования аналоговых сигналов в виде напряжений U_R , U_G и U_B соответственно с выходов R-канала, G-канала и В-канала вторичного измерительного преобразователя.

При анализе составляющих инструментальной погрешности разработанного ЦЦ-анализатора следует учитывать погрешность преобразования цвета в напряжение вторичного измерительного преобразователя и погрешность АЦП. Относительная погрешность вторичного измерительного преобразователя составляет не более 1 % по данным производителя. Погрешность 12-разрядного АЦП, включающая погрешность квантования и погрешность нелинейности, не превышает 0,2 %. Таким образом, итоговая инструментальная погрешность не превышает 1 %.

Устройство представляет собой портативный колориметрический анализатор веществ, разработанный на основе оптических прозрачных полимерных сенсоров.

ЦЦА-2.1 имеет следующие технические характеристики:

Таблица 2.1 –Характеристики ЦЦА-2.1

Рабочий диапазон длин волн, нм	от 400 до 700
Параметры электропитания	От сети 220 В
Габаритные размеры Устройства, мм, не более	60x115x25
Размеры оптода (сенсора), мм	6×8×1
Масса, кг, не более	0,5
Время считывания, мс	25–30
Время непрерывной работы	время работы ПК
Нормальные условия работы:	
Температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5
Относительная влажность воздуха при 20 °С, %	65 ± 15
Атмосферное давление, кПа	100 ± 4

Устройство предназначено для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающий цветом или образующих цветные соединения.

Область применения – измерение физико-химических величин.

Подключение ЦЦ-анализатора осуществляется с помощью USB-кабеля к ПК или ноутбук, а затем в электрическую сеть с напряжением 220 В.

Установка и инициализация интерфейса ПО производится согласно руководству пользователя, который поставляется в комплекте с ЦЦ-анализатором.

Для проведения измерений координат цвета необходимо расположить предварительно подготовленный оптод на подложку ЦЦ-анализатора. Подложка после позиционирования оптода задвигается обратно в ЦЦ-анализатор.

Измерение количества состава искомого компонента с помощью установленного ПО:

- по команде с ПК микроконтроллер выдает питающее напряжение для работы светодиодов белого свечения на промежуток времени от 25 до 30 мс;
- оптическое излучение, проходя через оптод, воспринимается RGB-датчиком;

– сигнал с RGB-датчика, преобразованный в напряжение, поступает на АЦП микроконтроллера, где оцифровывается и в виде кодов соответствующих напряжений передается на ПК через USB-кабеля, затем полученные коды с помощью программы переводятся в 24-битовые RGB-координаты.

– полученные координаты могут быть сохранены в памяти ПК для хранения и дальнейшего анализа.

Более подробная информация по работе ЦЦ-анализатора описана в руководстве по эксплуатации (приложение 1).

Для работы с анализатором персоналу не требуется профессиональная подготовка для работы с устройством. Необходимы навыки работы с ПК и знать принцип действия устройства и ПО, для этого достаточно внимательно изучить руководство по эксплуатации и руководство пользователя.

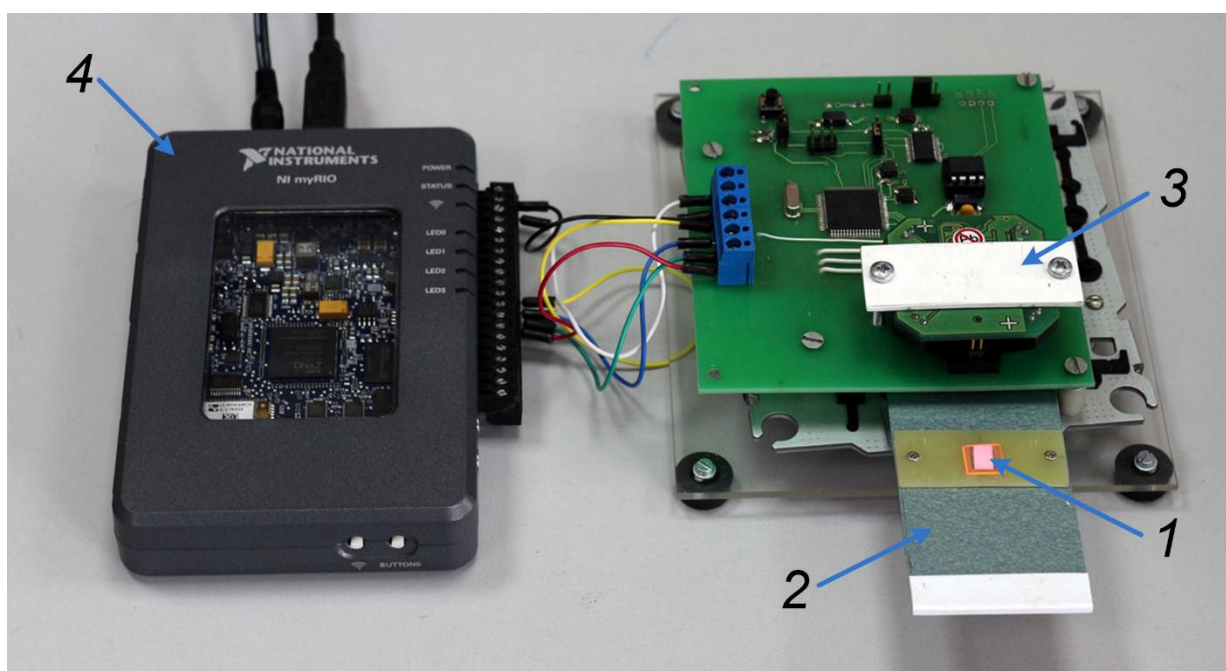


Рисунок 2.2 – Внешний вид ЦЦ-анализатора

(1 – исследуемый оптод; 2 – приемник оптода; 3 – ВП; 4 – УОС)

2.2 Программное обеспечение ЦЦА-2.1

Для разработки программного обеспечения (ПО) ЦЦ-анализатора использована графическая среда программирования LabVIEW 2015 компании National Instruments. ПО нижнего уровня функционирует на микропроцессоре УОС и предназначено для управления вторичным измерительным преобразователем, оцифровывания его выходных аналоговых сигналов и преобразования цветовых координат в 24-битовый RGB-код. ПО верхнего уровня запускается на ноутбуке и реализует общий алгоритм обработки и визуализации результатов цветометрических измерений.

Для начала работы с программой «ЦЦ-анализатор» запустить приложение dE.exe из папки dE Application.

После запуска откроется лицевая панель программы «Цифровой цветометрический анализатор», приведенная на рисунке 2.3.

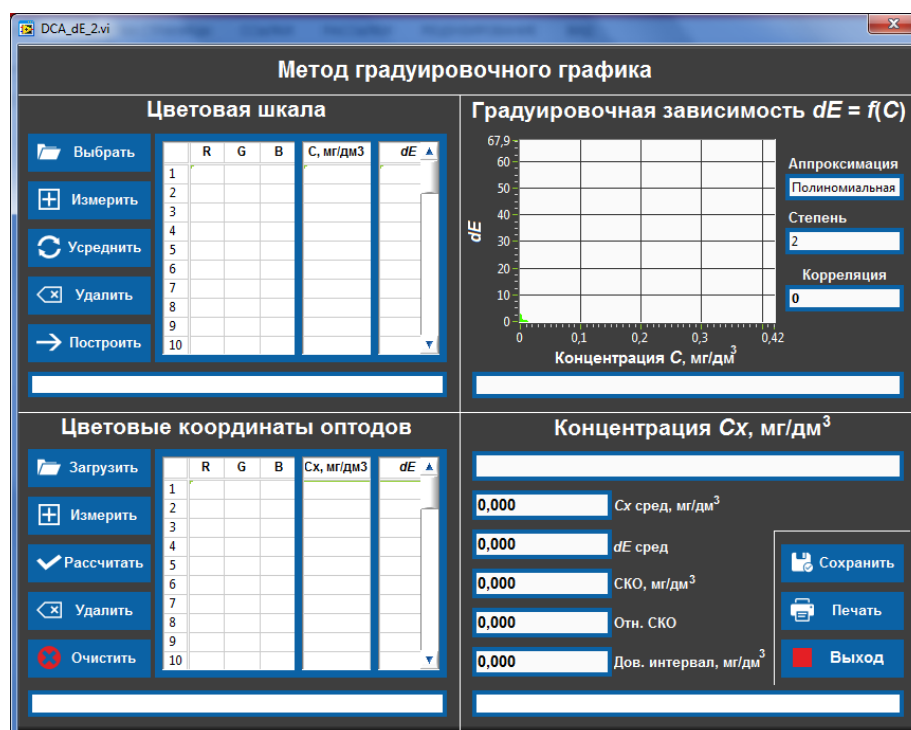


Рисунок 2.3– Лицевая панель

Лицевая панель визуально разделена на пять функциональных окон с именами:

- «Цветовая шкала»;
- «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ »;
- «Цветовые координаты оптодов»;
- «Концентрация C_x , мг/дм³»;
- «Сервисные функции».

Окно «Цветовая шкала». В этом окне осуществляется ввод необходимых для работы ЦЦ-анализатора параметров цветометрической шкалы для определения конкретного вещества (RGB-кодов опорных оптодов и соответствующих концентраций) в двух режимах:

- режим измерения (путем нажатия на кнопку «Измерить» (а) на лицевой панели в окне «Цветовая шкала», измеренные цветовые координаты в виде RGB-кодов записываются в соответствующие поля таблицы «RGB», концентрации опорных оптодов вводятся в ручном режиме в соответствующие поля таблицы «С, мг/дм³», см. рисунок 2.4. При необходимости переизмерить значения с оптода необходимо выделить строку, данные которой необходимо переизмерить, нажать «Измерить» (а);

- загрузка параметров из файла (путем нажатия на кнопку «Выбрать» (б) на лицевой панели в окне «Цветовая шкала», параметры выбранной шкалы отображаются в окнах таблиц «RGB» и «С, мг/дм³» (см. рисунок 2.4).

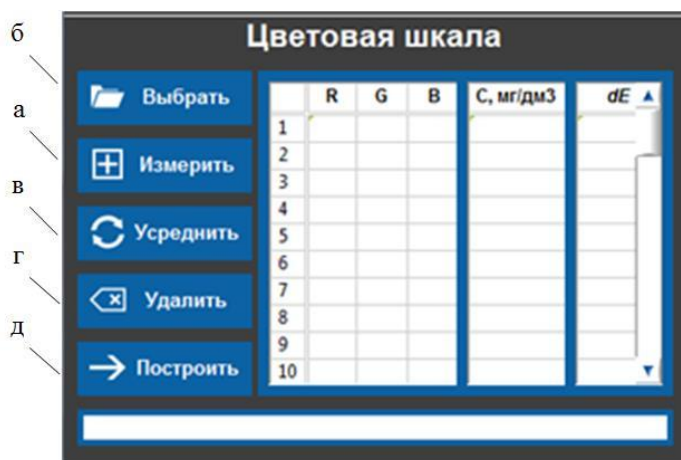


Рисунок 2.4– Окно «Цветовая шкала»

Кнопка «Усреднить» (в) предназначена для выполнения усреднения одноименных значений выделенных строк RGB-кодов опорных оптодов в таблице «RGB». Кнопка «Удалить» (г) позволяет удалять выделенные строки в таблице «RGB» (см. рисунок 2.4). Для усреднения или удаления строк необходимо выделить область в таблице «RGB» и далее нажать необходимую кнопку.

Кнопка «Построить» (д) (см. рисунок 2.4) позволяет для каждого опорного оптода с известной концентрацией C автоматически рассчитать цветовое различие dE . Таким образом формируются опорные точки шкалы, на основании которых строится градуировочная зависимость $dE = f(C)$, отображаемая в окне «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ » (см. рисунок 2.5).

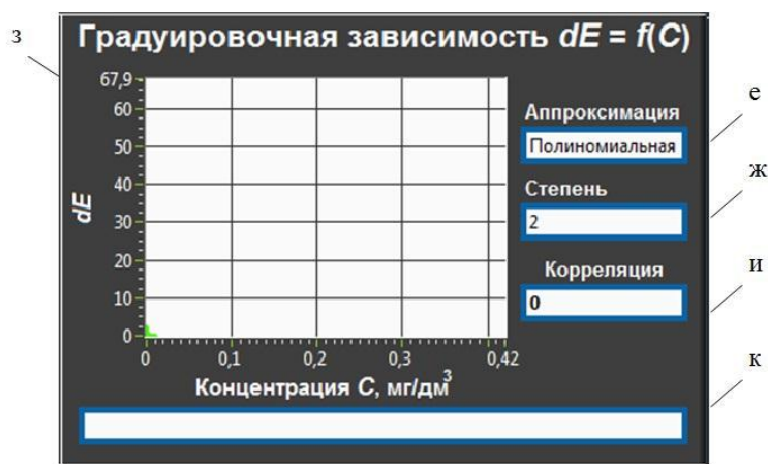


Рисунок 2.5– Окно «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ »

Окно «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ » (см. рисунок 2.5). В окне можно выбрать вид аппроксимации (полиномиальная, экспоненциальная) и степень полинома путем выбора соответствующих значений в полях «Аппроксимация» (е) и «Степень» (ж). Параметры аппроксимации подбираются таким образом, чтобы градуировочная характеристика проходила максимально близко ко всем точкам шкалы с коэффициентом корреляции стремящийся к 1. График аппроксимированной градуировочной характеристики $dE = f(C)$ выводится в специальное окно (з). В специальных полях отображаются коэффициент корреляции

– поле «Корреляция» (и) и уравнение аппроксимации в поле «Концентрация C_x , мг/дм³» (к) (см. рисунок 2.5).

Окно «Цветовые координаты оптодов» (см. рисунок 2.6). Цветовые координаты исследуемого оптода могут быть введены одним из двух способов:

- нажатием кнопки «Загрузить» (л) выбирается файл с цветовыми координатами ранее исследованного оптода;
- нажатием кнопки «Измерить» (м), определяются цветовые координаты исследуемого оптода.

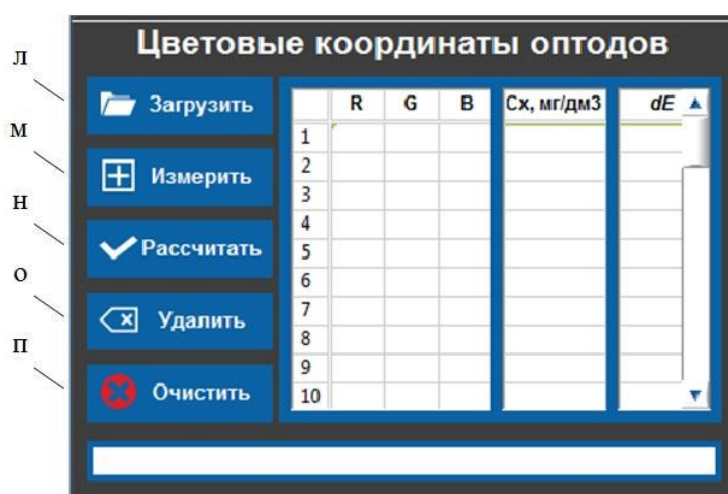


Рисунок 2.6 – Окно «Цветовые координаты оптодов»

Кнопка «Рассчитать» (н) запускает автоматический расчет цветового различия dE между нулевой точкой шкалы ($C_0 = 0$ мг/ дм³) и цветовыми координатами i -го исследуемого оптода и определение концентрации C_x для каждого оптода посредством решения уравнения аппроксимации и нахождения его положительных вещественных корней (см. рисунок 2.6).

Кнопка «Удалить» (о) позволяет удалять выделенные строки в таблице «RGB». Для удаления строк необходимо выделить область в таблице «RGB» и далее нажать необходимую кнопку (см. рисунок 2.6).

Кнопка «Очистить» (п) очищает все поля в окне «Цветовые координаты оптодов» (см. рисунок 2.6).

Окно «Концентрация S_x , мг/дм³» (см. рисунок 2.7). По рассчитанным значениям концентраций S_x рассчитывается средняя концентрация (р), среднее цветовое различие (с), среднеквадратическое отклонение (т), относительное среднеквадратическое отклонение (у) и доверительный интервал результатов измерений (ф), которые отображаются в соответствующих полях.

Окно «Сервисные функции» (см. рисунок 2.7). Кнопка «Сохранить» (х) предназначена для сохранения всех данных. Кнопка «Печать» (ц) выводит результаты на печать. Кнопка «Выход» (ч) останавливает работу программы.

Рисунок 2.7 – Окно «Концентрация S_x , мг/дм³» и «Сервисные функции»

Примечание! При нажатии кнопки «Сохранить» можно сохранить отдельно шкалу, образцы или все результаты.

2.2.1 Требования к аппаратному и программному обеспечению

Требования к аппаратному обеспечению:

- процессор: Intel Pentium 4 2000 МГц или выше (либо эквивалентный);
- ОЗУ: 2048 МБ рекомендуется (1024 МБ минимум; 4096 МБ максимум);
- 1024 МБ свободного дискового пространства;
- VGA-монитор с разрешением 1024x768 или выше;
- клавиатура;

- мышь или совместимое указывающее устройство;
- устройство чтения компакт-дисков или DVD-дисков;
- интерфейс USB.

Требования к программному обеспечению:

- ОС Windows XP SP3, Windows 7 SP1, Windows 8.1; Windows 10;
- LabVIEW Run-Time Engine 2015 Windows версия.

2.3 Экспериментальное исследование ЦЦА-2.1

Исследовательские испытания разработанного в ходе выполнения проекта цифрового цветометрического анализатора ЦЦА-2.1 проводились путем экспресс-определения опасных веществ в природных и техногенных объектах: содержания трассеров в буровой жидкости; суммарного содержания тяжелых металлов, кобальта и хрома в водопроводной воде, в сточных водах одного из томских предприятий, а также в воде реки Томь; содержание нитритов и суммарного содержания тяжелых металлов в почве сельскохозяйственного назначения и в овощах, выращенных на этих почвах. Для контроля результатов анализа применяли метод добавок в соответствии с РМГ 61–2010 и сравнение результатов измерений с результатами твердофазно-спектрофотометрического определения, для чего тот же аналитический сигнал измеряли в виде оптической плотности A в максимуме полосы поглощения с использованием стандартного спектрофотометра.

Правильность полученных результатов оценивали по результатам определения добавок. Для оценки правильности использовали величину, представляющую собой выраженное в процентах отношение разности между найденным (среднее значение) и введенным содержанием добавки к введенному значению. Прецизионность оценивали в виде среднего квадратического отклонения результатов единичного анализа, полученных по методике в условиях повторяемости s_r , выраженной в относительных единицах. Число определений каждого объекта

составляло 3–4, доверительная вероятность $P = 0,95$. В таблице 2 в качестве примера приведены результаты определения родамина Ж и эозина в буровой жидкости.

Для определения веществ группой химиков во главе с Гавриленко Н. А. были разработаны методики цветометрического экспресс-определения веществ. «Методики цветометрического экспресс-определения опасных веществ в природных и техногенных объектах»; «Методика определения трассеров в буровой жидкости»; «Методика определения хрома (VI) в водах»; «Методика определения нитрит-ионов»; «Методика определения суммарного содержания тяжелых металлов»; «Методика определения кобальта». В таблице 2.2 поведены результаты определения родамина и эозина в буровой жидкости.

На разработанные методики получены свидетельства об аттестации № 08-47/371.01.00143-2013.2015 «Методика (метод) измерений массовой концентрации хрома (VI) в пробах питьевых и сточных вод методом твердофазной спектрофотометрии» и № 08-47/370.01.00143-2013.2015 «Методика (метод) измерений массовой концентрации хрома (VI) в пробах питьевых и сточных вод методом твердофазной цветометрии».

Таблица 2.2– Результаты определения родамина Ж и эозина в буровой жидкости
($n = 3-4$, $P = 0,95$)

Трассер	Введено, мг/дм ³	Твердофазная спектрофотометрия			Цветометрия		
		Найдено, мг/дм ³	s_r	σ , %	Найдено, мг/дм ³	s_r	σ , %
Родамин Ж	0,70	0.77 ± 0.11	0,09	10	0.69 ± 0.07	0.04	–1.4
Эозин Н	8,0	7.6 ± 1.6	0,09	–5	7.8 ± 1.1	0.05	–2.5

n – число определений (оптодов), P – доверительная вероятность

2.4 Метрологические характеристики

Метрологическими характеристиками являются:

- предел обнаружения;
- диапазон определяемых содержаний

*ДОС – диапазон определяемых содержаний;

**КА – коэффициенте аппроксимации;

***Активность антиоксидантов выражена как мг/л аскорбиновой кислоты;

**** Твердофазная экстракция;

Таблица 2.3 – Оптическая чувствительность оптодов с иммобилизованными реагентами

Иммобилизуемый реагент	Аналит	ДОС*, мг/дм ³	Предел обнаружения, мг/дм ³		Объект анализа
Диэтилдитиокарбамидат - Pb(II)	Cu (II)	0,02-1,00			Сточные воды, питьевая вода
1-(2-пиридилазо)-2-нафтол	Co (II, III)	0,03-0,50	0,03 0,05	0,991 0,999	
	Ni (II)	0,03-0,50			
	Суммарное содержание тяжелых металлов	0,0-0,7	0,05 0,06	0,993 0,979	
		0,0-0,4	0,02 0,03	0,991 0,999	
–	Нитрит-ионы	0,0-0,16	0,02	0,998	
дифенилкарбазон	Cr (VI)	0,03-0,10	0,014 0,018	0,998 0,994	
2,2'-дипиридил	Fe (II, III)	0,2-5,0			
1,10-фенантролин					
дитизон	Ag (I)	0,02-0,20	0,015	0,998	
		0,03-0,20	0,030	0,999	
	Se (IV)	0,09-0,5			
–	Эозин****	1 - 50	2,5 4,3	0,9943 0,9945	Буровая жидкость
–	Родамин 6G*****	0,00 - 0,80	0,02 0,07	0,9968 0,9854	

2.5 Конкурентные преимущества

Цифровой цветометрический анализатор обладает преимуществами по сравнению с традиционными методами и средствами измерений:

- цветометрический сигнал появляется после непродолжительного контакта полимерного оптода с анализируемым объектом (от 5 до 30 мин в зависимости от концентрации вещества) и сохраняется длительное время (не менее 1 года);

- цветометрическая информация от сенсора для определения концентрации компонента и/или анализа состава веществ подвергается математической и статистической обработке;

- массогабаритные показатели анализатора резко снижаются (от 5 – 8 до 1,5 – 2,0 кг) при сохранении технических и метрологических характеристик.

Анализатор благодаря оптимальному соотношению «цена/качество (метрологические характеристики)» может найти широкое применение в системах экологического мониторинга, в том числе удаленного с использованием сенсорных сетей и мобильных распределенных систем; в контроле качества и состава веществ в производственных и технологических процессах; в прецизионном биометрическом и биомедицинском анализе как в лабораторных, так и в бытовых условиях.

3 РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ

В ходе магистерской работы были разработаны следующие документы:

- руководство по эксплуатации (РЭ) (приложение 1).
- технические условия (ТУ) (приложение 2);

Данные документы разрабатывались с целью проведения испытаний ЦЦА-2.1, для утверждения типа СИ и внесение его в ГОСРЕЕСТР.

Данный прибор Цифровой цветометрический анализатор для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1 относится к группе по общероссийскому классификатору продукции к группе 443100: «Приборы и аппаратура оптические; Приборы оптические общепромышленного, специального и научного применения; Приборы оптические контрольно-измерительные».

В разработанных эксплуатационных документах указаны технические и метрологические характеристики п.2.1 и п. 2.2 (см. приложение 1, 2).

РЭ разработано согласно ГОСТ 2.610 и является документом, удостоверяющим основные параметры и технические характеристики Цифрового цветометрического анализатора для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1. РЭ позволяет ознакомиться с ЦЦА-2.1 и принципом его работы, а также устанавливает правила эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, применения, хранения и транспортирования ЦЦА-2.1.

Персоналу не требуется профессиональная подготовка для работы с ЦЦА-2.1. Необходимы навыки работы с ПК и знать принцип действия устройства и ПО, для этого достаточно внимательно изучит РЭ (приложение 1).

Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы ЦЦА-2.1 в течение его эксплуатации. Окружающая среда, в которой находится устройство, определяет частоту осмотра. Рекомендуемая частота проведения профилактических работ: не реже 1 раза в 12 месяцев.

Техническое обслуживание и ремонт устройства должны производиться только лицами, имеющими специальную подготовку, ознакомленными с устройством и принципом работы устройства. Сведения, необходимые для проведения технического обслуживания и текущего ремонта ЦЦА-2.1, содержатся в разделах 3 и 4 РЭ.

Для исключения возможности механических повреждений корпуса, внутренних составных элементов и нарушения целостности лакокрасочного покрытия следует соблюдать правила хранения и транспортирования ЦЦА, которые изложены в разделе 5 РЭ.

ТУ разработаны согласно ГОСТ 2.114 и распространяются на цифровой цветометрический анализатор для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1. ТУ содержит следующие основные разделы: Технические требования, Требования безопасности, Требования к охране окружающей среде, Правила приемки, Методы контроля, Транспортировка и хранение, Указания по эксплуатации и Гарантии поставщика.

В разделе «Технические требования» обозначены основные параметры и характеристики ЦЦА-2.1, также требования назначения, надежности, стойкости к внешним воздействиям, требования эргономики и конструкторские требования, помимо этого указаны требования к маркировке и упаковки изделия.

В разделе «Требования безопасности», описаны требования электрической, пожарной безопасности и требования безопасности при обслуживании; в разделе требования к охране окружающей среде указаны требования по утилизации.

Раздел «Правила приемки», указан порядок контроля изделия, указаны виды испытаний, которым должно подвергаться изделие. Для проверки соответствия требованиям настоящих технических условий должно проводиться:

- испытание опытного образца;
- приемо-сдаточные испытания.

Опытный образец подвергается предварительным испытаниям, их проводят с целью определения готовности опытного образца к приемочным испытаниям.

Предварительные и приемочные испытания проводят согласно методикам испытаний, разрабатываемым и утвержденным стороной, несущей ответственность за проведение этих испытаний.

На приемочные испытания, для подтверждения выполнения установленных требований, предъявляется головной образец.

Приемо-сдаточные испытания осуществляются предприятием-поставщиком перед сдачей готовой продукции.

Приемо-сдаточные испытания проводит отдел технического контроля предприятия изготовителя. Одновременно с приемо-сдаточными испытаниями изделие подвергается первичной поверке по правилам, принятым в стране изготовителя. При получении отрицательных результатов выборочной проверки следует проводить поверку каждого изделия предъявленной партии. Проведение приемо-сдаточных испытаний проводится в следующем порядке: внешний осмотр (качество сборки, проверка габаритных размеров, массы, маркировки); комплектность; работа питания, проверка соединительных портов; испытания на влагоустойчивость; испытание на воздействие пыли; испытание на транспортирование; проверка параметров в нормальных климатических условиях и идентификация ПО. Подробно проведение испытаний описано в ТУ (приложение 2) п.4.

На изделие прошедшие приемо-сдаточные испытания с положительным результатом, должны быть поставлены клейма и пломбы ОТК, сделаны отметки в паспорте, оформляется протокол приемочных испытаний (испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 15.201).

Все испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях с учетом ТУ. Испытания на стойкость к внешним воздействующим факторам проводятся согласно ГОСТ 30630.0.0.

Программа и методика испытаний разрабатываются официальным органом, который берет на себя проведение испытаний изделия, в нашем случае ФБУ «Томский ЦСМ».

Также СИ должно пройти испытания на электромагнитное воздействие.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В данном разделе необходимо оценить все затраты на свою разработку. Техничко-экономическое обоснование работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Процесс осуществления автоматизации производства состоит из предпроектного, проектного и производственного этапов. Расчеты экономической эффективности на всех стадиях проводится по единым методологическим положениям. Необходимо рассчитать затраты на проект, основную и дополнительную заработную плату для научного руководителя и для студента, который выступал в роли исполнителя данной работы, посчитать все отчисления во внебюджетные фонды, амортизацию основных средств и накладные расходы. Все тарифы и коэффициенты, взятые для расчетов, соответствуют тарифам, действующим на территории РФ [1].

После определения цен на затраты и определения цены разработки необходимо обосновать экономический эффект от внедрения разработки в соответствующую отрасль.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Составим перечень работ и продолжительность их выполнения для каждого участника проекта (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	100%
Разработка календарного плана	НР И	10% 100%
Составление и утверждение плана работы	НР И	100% 10%
Подбор и обсуждение литературы по тематике	НР И	20% 100%
Разработка документации (РЭ, ПИ, МИ, паспорт и т.д.)	И	100%
Проведение эксперимента и интерпретация результатов	НР И	50% 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	100%
Подведение итогов	НР И	50% 100%

И – инженер (в его роли действует исполнитель ВКР);

НР – научный руководитель.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяют формулу (1):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}; \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях ($T_{РД}$) по формуле (2), а затем перевести ее в календарные дни.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}; \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,1$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (3):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}; \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (4):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = 1,205; \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

В таблице 4.2 приведены результаты определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

Таблица 4.2–Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы работы	Продолжительность работ, дн.			Трудоемкость работ по исполнителям, дн.			
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{рд}$		$T_{кд}$	
				НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	3	4	3,4	3,74	–	5,2	–
Составление и утверждение плана работы	2	4	2,8	3,08	0,31	4,31	0,43
Разработка календарного плана	2	4	2,8	0,31	3,08	0,43	4,31
Подбор и обсуждение литературы по тематике	14	21	16,8	3,7	18,84	5,18	25,87
Разработка документации (РЭ, ПИ, МИ, паспорт и т.д.)	20	25	22	–	24,2	–	33,88
Проведение эксперимента и интерпретация результатов	4	6	4,8	2,64	5,28	3,70	7,40
Оформление расчетно-пояснительной записки	5	7	5,8	–	6,38	–	8,93
Подведение итогов	5	7	5,8	3,19	6,38	4,47	8,93
ИТОГО			64,2	16,99	64,11	23,29	92,75

Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{кд}$ позволяют построить линейный график осуществления проекта, график представлен в таблице 4.3.

НР–■, И–■.

4.1.2 Расчет накоплений готовности работы

На данном этапе оценим текущее состояние (результатов) работы. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i -го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TR_{общ}$ – общая трудоемкость проекта;
- TR_i (TR_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TR_iH – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

– TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Таблица 4.3–Линейный график работ

	НР	И	Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	5,2	–									
2	4,31	0,43									
3	0,43	4,31									
4	5,18	25,87									
5	–	33,88									
6	3,70	7,40									
7	–	8,93									
8	4,47	8,93									

Степень готовности определяется формулой (5):

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{K=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}; \quad (5)$$

На основе данных таблицы 4.2 посчитаем нарастание технической готовности работы, данные представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап работы	ТР _и , %	СГ _и , %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	4,63	4,63

Продолжение таблицы 4.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Составление и утверждение плана работы	4,20	8,83
Разработка календарного плана	4,20	13,03
Подбор и обсуждение литературы по тематике	27,46	40,49
Разработка документации (РЭ, ПИ, МИ, паспорт и т.д.)	29,96	70,45
Проведение эксперимента и интерпретация результатов	9,81	80,26
Оформление расчетно-пояснительной записки	7,89	88,16
Подведение итогов	11,8	100

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Результаты представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5– Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол–во	Сумма, руб.
Канцелярия	30	15	450
Бумага для принтера формата А4	267	1 упа- ковка	267
Картридж для принтера	1700	1 шт.	1700
Итого:			2417

Возьмем ТЗР 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 2417 \cdot 1,05 = 2537,85$ руб.

4.2.2 Расчет заработной платы

Рассчитаем заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд зара-

ботной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным 7864,11 руб. в месяц.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (6):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/24,83; \quad (6)$$

В году 298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе и 247 при пятидневной и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня и 20,6 соответственно.

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4.2.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используем следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; для шестидневной рабочей недели $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$ – для пятидневной рабочей недели; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, интегральный коэффициент будет равен $K_{\text{и}} = 1,699$ (при шестидневной рабочей неделе) и $K_{\text{и}} = 1,62$ (при пятидневной рабочей неделе)

Таблица 4.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	К–т	Фонд з/платы, руб.
НР	33162,87	1335,59	17	1,699	38575,85
И	7864,11	381,75	64	1,62	39579,84
Итого					78155,69

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 78155,69 \cdot 0,3 = 23446,71$ руб.

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (7):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}} \quad (7)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{Э}} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Для вычисления время работы оборудования (формула 8) берем итоговые данные таблицы 4.2 для инженера ($T_{\text{рд}}$), и продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t; \quad (8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, возьмем коэффициент равный 0,9.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (9):

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c; \quad (9)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчеты затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7– затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб
Персональный компьютер	$512 \cdot 0,9 = 460,8$	0,3	726,73
Принтер	10	0,1	5,257
ИТОГО			731,987

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данном пункте рассчитываем амортизацию используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула (10):

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}; \quad (10)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима

его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе и 247 при пятидневной);

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8–Расчет амортизации

Оборудование	Стоимость за ед., руб	t пользования, час	F_d , час	N_A	Кол-во исп-ых ед.	Амортизация, руб.
ПК	35000	512	1976	0,33	2	5985,43
Принтер	11000	10	300	0,5	1	183,33
ИТОГО						6168,76

Командировочных расходов нет.

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1; \quad (11)$$

$$C_{\text{проч.}} = (2537,85 + 78155,69 + 23446,71 + 731,99 + 6168,76) \cdot 0,1 = 11104,1 \text{ руб.}$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ», см. таблицу 4.9.

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 122145,1$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль следует принять в размере 15 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 18321,77 руб. (15 %) от расходов на разработку проекта.

Таблица 4.9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2537,85
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	78155,69
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	23446,71
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	731,99
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	6168,76
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	11104,1
Итого:		122145,1

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(122\,145,1 + 18321,77) \cdot 0,18 = 25284,04$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 122145,1 + 18321,77 + 25284,04 = 165750,91 \text{ руб.}$$

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Расчет экономического эффекта, получаемого предприятием от автоматизации производства, осуществляется путем нахождения экономии предприятия от изменения себестоимости, повышения производительности труда и снижения доли бракованной продукции.

Чтобы посчитать экономический эффект необходимо посчитать срок окупаемости разработки после ее внедрения на предприятие.

Информация о составе и строение сложных смесей (веществ), определение их компонентов – является наиболее актуальной из задач аналитической химии, также это необходимое условие успешного управления технологическими процессами, обеспечения надлежащего качества промышленного сырья и продукции, повышение эффективности сельскохозяйственного производства, совершенствования здравоохранения, решения экологических проблем.

Рассчитаем экономический эффект на примере мониторинга окружающей среды. Решение экологических проблем наиболее актуально в наше время, охрана окружающей среды – это очень сложная и многогранная задача, которая требует для своего решения общих усилий стран и регионов – как глобальных, так и локальных.

Одной из проблем является проблема очистки воды. Множественные выбросы, отводимые в водоемы с территорий промышленных предприятий и населенных пунктов через систему канализаций или самотеков, губительно сказываются на окружающей среде.

Срок выполнения любого химического анализа производится за 3–4 дня, стоимость указана в таблице 4.10. Расширенный анализ сточных и природных вод проводят раз в месяц, при таком расширенном анализе проверяется около 33 показателей как качественных, так и количественных.

В Томской области множество промышленных предприятий, которые совершают выбросы сточные вод, им необходимо контролировать количество вредных веществ. Одно предприятие делает в год 4 полных и 8 расширенных химических анализа, это 12 анализов воды ежегодно. Полный анализ включает в

себя список показателей при расширенном анализе (13200 руб.) и ряда дополнительных показателей (12500 руб.), сумма полного анализа сточных вод составит 25500 руб., за год эта сумма затрат на 12 анализов воды составляет 207600 руб. по Томской области.

Таблица 4.10– Стоимость химического анализа воды в ЦСМ г. Новосибирске (данные взяты с официального сайта «Новосибирский ЦСМ»)

Анализ водопроводной воды	
Стандартный (10 химических показателей)	3000 руб.
Анализ воды из скважин	
Расширенный (13 химических показателей + сероводород)	7700 руб.
Анализ сточных вод (в том числе и очищенной сточной) и природной воды	
Список показателей для природной и сточной воды (в т. ч. очищенной)	13200 руб.
Анализ бутилированной воды	
Список показателей	20300 руб.

С нашей разработкой цена за анализ на один компонент в среднем составит от 150 до 300 руб., и уходит на это 1 – 2 дня, при внедрении данной разработки за день можно определить все входящие в жидкость примеси. При максимальной стоимости за один показатель – 300 руб. при расширенном химическом анализе и выявлению порядка 33 показателей, общая сумма составит от 9900 руб., а при полном анализе (49 показателей) 14700 руб., в год сумма затрат на анализ воды составит 138000 руб. при максимальной стоимости, это позволяет сэкономить предприятию на 69600 руб. Экономия составляет порядка 33% для

предприятия в год. Упрощается контроль производства и производственных отходов.

Для контролирующей организации данная разработка позволит снизить затраты на химические реактивы и вещества, которые используются для определения состава веществ. При том, что сроки проведения химического анализ сокращаются почти на 50 % и трудоемкость процесса снижается не менее чем на 30 %, контролирующая организация может адекватно расширить круг потенциальных производственных предприятий, для соответствующего контроля, что повлияет на рост прибыли организации. Экономический эффект положительный.

Прослеживается социальный эффект, условия труда упрощаются, сотрудники лабораторий меньше времени работают с химическими элементами, растворами и реактивами, что благоприятно влияет на здоровье человека и его самочувствие.

Данный метод точной оценки определяемого параметра способствует повышению оперативности проведения данных химических анализов, что важно в определенных ситуациях. Стабильная работа предприятия не исключает возможность аварийной ситуации, такой как неконтролируемый выброс вредных и опасных веществ в природные водоемы. В этом случае быстрый химический анализ сточных вод будет необходим, для предотвращения или принятия каких-либо мер по устранению чрезвычайной ситуации.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной ВКР предусматривается разработка метода определения состава вещества по цветовой шкале. Данный метод позволяет с помощью ПО и необходимых расчетов, определить состав анализируемых веществ без проведения дополнительных химических экспериментов.

И в связи с современными условиями умственного труда, вся основная работа сосредоточена на компьютере, что способствует интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в большей степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это может быть связано с факторами производственной среды, чрезмерной умственной и физической нагрузки, нервно-эмоциональным напряжением, а различным сочетанием этих причин.

В данном разделе нам необходимо оценить соблюдения правил и норм при работе с ПК, условий труда, организации рабочего места.

5.1 Характеристика рабочей зоны

Для начала следует отметить, что рабочее помещение должно соответствовать количеству сотрудников и объему размещаемых в нем мебели и технических средств. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы устанавливают площадь на одно рабочее место с компьютером для взрослых пользователей не менее 6 м^2 и объемом не менее 20 м^3 . площадь помещения, выгороженного стенами или глухими перегородками не менее $4,5 \text{ м}^2$ [39] Помещение с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Для внутренней отделки помещений с компьютерами должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка $0,7 - 0,8$, для стен $0,5 - 0,6$, для пола $0,3 - 0,5$. Поверхность пола в таких помещениях должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическим свойством [39].

Таблица 5.1 – показатели рабочих мест студента

Показатели	1–рабочий кабинет кафедры КИСМ	2–лаборатория линейно-угловых измерений
Общая площадь помещения	$36 - 40 \text{ м}^2$	Более 40 м^2
Количество рабочих мест	28–30	4
Площадь на одно рабочее место	$1,3 \text{ м}^2$	Около 10 м^2
Система отопления	Есть	Есть
Система кондиционирования воздуха	Отсутствует	Есть
Система приточно-вытяжной вентиляции	Отсутствует	Есть
Покрытие стен, потолка и пола	Во внутренние отделки помещений диффузно-отражающие материалы не использовались, пол ровный, не антистатический.	

По данным таблицы 5.1 можно сделать выводы о том, что лаборатория линейно-угловых измерений соответствует санитарным нормам, указанным в

СанПиН 2.2.2.542 – 96, а рабочее место (РМ), расположенное на кафедре, не соответствует. Покрытия стен, потолка и пола, указанных рабочих мест, не соответствуют нормам СанПиН 2.2.2.542 – 96.

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. При компоновке постов и пультов управления необходимо знать, что в горизонтальной плоскости допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130° , оптимальный – 30° вверх и 40° вниз. Клавиатуру следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям взора оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки – 70 – 110 см.

Глубина рабочей зоны не должна превышать 80 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на $10 - 20^\circ$, наклон спинки кресла при положении сидя $0 - 10^\circ$.

Для лучшего различия органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи

Также необходимо обеспечить благоприятные условия в рабочем помещении путем периодического его проветривания [40].

Расположение органов управления на двух рабочих местах студента соответствующим вышеуказанным нормам. Цвет мониторов в двух рабочих зонах черные, органы управления: клавиатура – белого цвета, мышь – черного цвета.

5.2 Микроклимат рабочего места

На рабочем месте пользователя необходимо обеспечить оптимальные условия микроклимата для категории тяжести работ Ia, таблица 5.2.

Таблица 5.2– Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [41]

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 – 25	22 – 26	60 – 40	0,1

В таблице 5.3 приведены величины показателей микроклимата на рабочих местах студента.

Таблица 5.3– показатели микроклимата на рабочих местах студента

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %
Холодный 1 РМ	20 – 22	21–22	51
Теплый 1РМ	25 – 27	23–25	50
Холодный 2 РМ	20–21	19–20	50
Теплый 2 РМ	22 – 23	21–22	54

По данным таблицы 5.3 можно сделать вывод, что показатели микроклимата на рабочих местах студента попадают в граничный интервал, что удовлетворяет требованиям санитарных норм СанПиН 2.2.4.548 – 96.

5.3 Освещение рабочего места

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2 %, в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 %, на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения документа должна быть 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов как с люминесцентными лампами так и с лампами накаливания, располагаться они должны в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Для искусственного освещения помещений с компьютерами следует применять люминесцентные светильники с зеркализированными решетками. Освещенность в кабинетах, где выполняется напряженная зрительная работа с документами и используются компьютеры, коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещения следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить замену перегоревших ламп [42].

На 1 РМ имеется два оконных проема, один из которых при работе на компьютере расположен перед студентом, если работать в зоне этого источника освещения, или слева от студента если работать в рабочей зоне не оснащенной компьютером. Также в помещении установлены люминесцентные источники искусственного освещения с зеркализированными решетками. Дополнительных источников освещения в помещении нет. На экране компьютера источники освещения не создают бликов на экране компьютера. В целом если говорить о освещенности помещения то оно тусклое и недостаточное для работы студента, это может объясняться тем, что долгое время не проводилась чистка оконных проемов и светильников, а также не все лампы в светильниках в рабочем состоянии.

На 2РМ окно находится слева от студента, что способствует хорошему освещению рабочего места. На экране источник естественного освещения не создает бликов. В помещении установлены 4 люминесцентных светильника с зеркализированными решетками, но не все лампы работают исправно. На рабочих местах источники дополнительного искусственного освещения не установлены,

при отсутствии необходимости. За последний год оконные проемы чистили один раз.

Значения коэффициентов пульсации для люминесцентных ламп составляет 30 – 40 %, что значительно выше всех норм.

5.4 Электрическая безопасность

Так как большая часть работа предусмотрена на ПК, который включен в сеть. При возникновении неполадок в сети, пользователь может быть поражен электрическим током.

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на следующие действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека:

- термическое действие – проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;

- электролитическое действие – проявляется в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико–химического состава;

- механическое действие – приводит к разрыву тканей и переломам костей;

- биологическое действие – проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

Средства защиты:

– *защитное заземление* – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залегании и т. п.;

– *зануление* – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности;

– *защитное отключение* – это автоматическое отключение электроустановок при однофазном прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимым для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), превышающего заданные значения по ГОСТ 12.1.019.

Компьютера находящиеся на рабочих местах студента оснащены кабелем питания с заземлением. По окончанию работы, компьютер отключается от общей сети для безопасности. На 2РМ находится аптечка первой медицинской помощи и углеродисты огнетушитель в случае возникновения пожара. На 1РМ огнетушитель находится на этаже, где расположена аудитория, аптечка находится на первом этаже у охранника.

5.5 Уровень шума на рабочих местах

Также при работе с ПК сами машины (встроенные вентиляторы, принтеры, и т.д.) являются источниками шума.

Уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА, уровень вибрации допустимых значений относится к категории 3.

Шум на рабочем месте снижают, ослабляя шумы самих источников и специальными техническими решениями [41].

Возможности измерить уровень шума на рабочем месте нет возможности, но уровень шума можно считать низким, компьютеры работают очень тихо.

5.6 Региональная безопасность

По мере повышения интенсивности использования информационных и коммуникационных технологий их доля в выделении углекислого газа становится все более заметной. Все мощные ресурсы Сети обладают большими серверными лабораториями, в которых может находиться отнюдь не один аппарат, а десятки, а, возможно, даже и сотни таких машин. А потому каждый раз, когда серверу приходится работать, в окружающую среду выделяется очень большое количество тепла и углекислого газа. Компании–владельцы этих серверных лабораторий никогда не признаются в том, что они каким-либо образом пагубно влияют на природу вокруг, в частности на выбросы углекислоты. Особенно это опасно сейчас, когда большинство людей полагает, что на земле имеет место опасный парниковый эффект. Но это далеко не самое страшное.

Заинтересовавшись подобными данными, Intel открыли в Германии лабораторию, которая помогала бы исследовать возможности по снижению энергопотребления в сфере ИТ. Рост выбросов смотрится ужасающе на фоне того, что аналогичную мощность серверов могут выдать в настоящее время в 8 раз меньшее количество машин. А значит, как минимум восьмикратное уменьшение охлаждения и выделения тепла могло бы наблюдаться за последние четыре года. Однако этого не произошло. Другие методы борьбы – установка нового ПО на процессоры, материнские платы, мощные блоки и сервера приведут к тому, что затрачивая меньшее количество энергии будет получаться большая производительность, что, в конце концов, должно привести к снижению темпов роста выбросов углекислоты [43].

На селитебные и природные зоны негативно воздействуют:

– объекты экономики, выделяющие газообразные, жидкие и твердые;

- отходы, в том числе химические и радиоактивные, при работе в штатных и аварийных ситуациях;

- городская среда, выделяющая отходы жилищно-коммунального хозяйства, отходы транспортных средств, ливневые сточные воды, снежную массу и т.п.;

- бытовая среда, выделяющая жидкие и твердые отходы.

В современных условиях основная задача защиты окружающей среды сводится к минимизации отходов техносферы за счет рационального использования природных ресурсов, а также за счет утилизации отходов [44].

5.7 Правовые вопросы обеспечения охраны труда

Организация работы по охране труда заключается в планомерном и целенаправленном осуществлении различных мероприятий по охране труда в целях создания здоровых и безопасных условий труда как в целом на предприятии, в учреждении и организации, так и на отдельном рабочем месте. Подлежащие планированию и осуществлению мероприятия в области охраны труда предусмотрены Рекомендациями, утвержденными Постановлением Минтруда России от 27 февраля 1995 г. № 11. Данные мероприятия должны быть оформлены соответствующим разделом в коллективном договоре или отдельным соглашением по охране труда.

Ответственность за обеспечение охраны труда на предприятии, в учреждении, организации возлагается на работодателя. Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве сырья и материалов;

- применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников;

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;
- режим труда и отдыха работников в соответствии с законодательством РФ и законодательством субъектов Российской Федерации;
- приобретение за счет собственных средств и выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с установленными нормами работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочих местах работников и проверку их знаний требований охраны труда, недопущение к работе лиц, не прошедших в установленном порядке указанные обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний требований охраны труда;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации;
- проведение за счет собственных средств обязательных предварительных (*при поступлении на работу*) и периодических (*в течение трудовой деятельности*) медицинских осмотров (*обследований*) работников и внеочередных медицинских осмотров (*обследований*) работников по их просьбам в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ними места работы (*должности*) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров;
- недопущение работников к выполнению ими трудовых обязанностей без прохождения обязательных медицинских осмотров, а также в случае медицинских противопоказаний;

- информирование работников о состоянии условий и охраны труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях, и средствах индивидуальной защиты;
- предоставление органам государственного управления охраной труда, органам государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий;
- принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций, сохранению жизни и здоровья работников при возникновении таких ситуаций, в том числе по оказанию пострадавшим первой помощи;
- расследование в установленном Правительством Российской Федерации порядке несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание работников в соответствии с требованиями охраны труда;
- беспрепятственный допуск должностных лиц органов государственного управления охраной труда, органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда, органов Фонда социального страхования РФ, а также представителей органов общественного контроля в целях проведения проверок условий и охраны труда в организации и расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- выполнение предписаний должностных лиц органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда и рассмотрение представлений органов общественного контроля в установленные законодательством сроки;
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- ознакомление работников с требованиями охраны труда [45].

5.8 Пожарная безопасность

Количество аварий во всех сферах производственной деятельности неуклонно растет в связи с широким использованием новых технологий и материалов, нетрадиционных источников энергии, массовым применением опасных веществ в промышленности и сельском хозяйстве.

Причины аварий могут являться: просчеты при проектировании и недостаточный уровень современных знаний; некачественное строительство или отступление от проекта; непродуманное размещение производства; нарушение требований технологического процесса из-за недостаточной подготовки или недисциплинированности и халатности персонала [46].

В зависимости от вида производства аварии и катастрофы на промышленных объектах и транспорте могут сопровождаться взрывами, выходом АХОВ, выбросом радиоактивных веществ, возникновением пожаров и т.п.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека.

Здание, в котором находится лаборатория по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории К1 (малопожароопасное), поскольку здесь присутствуют горючие (книги, документы, мебель, оргтехника и т. д.) и трудносгораемые вещества (сейфы, различное оборудование и т. д.), которые при взаимодействии с огнем могут гореть без взрыва.

По конструктивным характеристикам здание можно отнести к зданиям с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона, где для перекрытий допускается использование деревянных конструкций, защищенных штукатуркой или трудногорючими листовыми, а также плитными материалами.

Следовательно, степень огнестойкости здания можно определить, как третью (III).

Помещение лаборатории по функциональной пожарной опасности относится к классу Ф 4.2 – высшие учебные заведения, учреждения повышения квалификации [47].

5.8.1 Причины возникновения пожара

Пожар в рабочих помещениях, может привести к очень неблагоприятным последствиям, таким как потеря ценной информации, порча имущества, гибель людей и т. д., поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара; разработать план мер по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из здания.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- здание построено без соблюдения СанПиНов и Правил пожарной безопасности;
- несоблюдение Норм Пожарной Безопасности персоналом предприятия;
- нарушение технологического процесса (сварочные работы, использование электрооборудования), которое приводит к возникновению пожара;
- использование неисправного оборудования в процессе работы на предприятии;
- здание не оборудовано необходимым пожарным оборудованием: оборудованные пожарные шкафы, пожарные щиты, а также огнетушители различного типа [48].

5.8.2 Профилактика пожара

Под пожарной профилактикой понимаются обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров. Противопожарная защита – это мероприятия, направленные на уменьшение ущерба в случае возникновения пожара. Между этими двумя основными задачами пожарной безопасности не всегда можно провести четкую границу, как,

например, в случае действий, направленных на ограничение сферы распространения огня при загорании.

Поскольку большую часть времени большинство людей проводят в зданиях, основное внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности зданий. Специализированных мер пожарной профилактики и защиты требует пожарная безопасность лесов, автотранспорта, железнодорожного, воздушного и морского транспорта, а также подземных туннелей и шахт.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации, приведенному на рисунке 5.1 и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания [49].

5.9 Влияние разработки на экологию и охрану труда

Итогом магистерской диссертации будет полученное свидетельство о внесении в ГОСРЕЕСТР ЦЦА-2.1. Данный прибор может использоваться на производственных предприятиях для контроля различных экологических параметров (мониторинг сточных вод, почв и т.д.). Это поможет сократить сроки проведения химических анализов, что в свою очередь облегчит условия труда для сотрудников лабораторий, они будут меньше времени тратить на работу с химическими элементами, растворами и реактивами, что благоприятно будет влиять на здоровье человека и его самочувствие.

Экономический эффект для предприятия, это экономия внутренних экономических ресурсов, затрачиваемых на контроль экологических показателей. Экономический эффект для сотрудников службы контроля, при увеличении круга предприятий для контроля экологических параметров увеличивается и прибыль данных организаций.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА

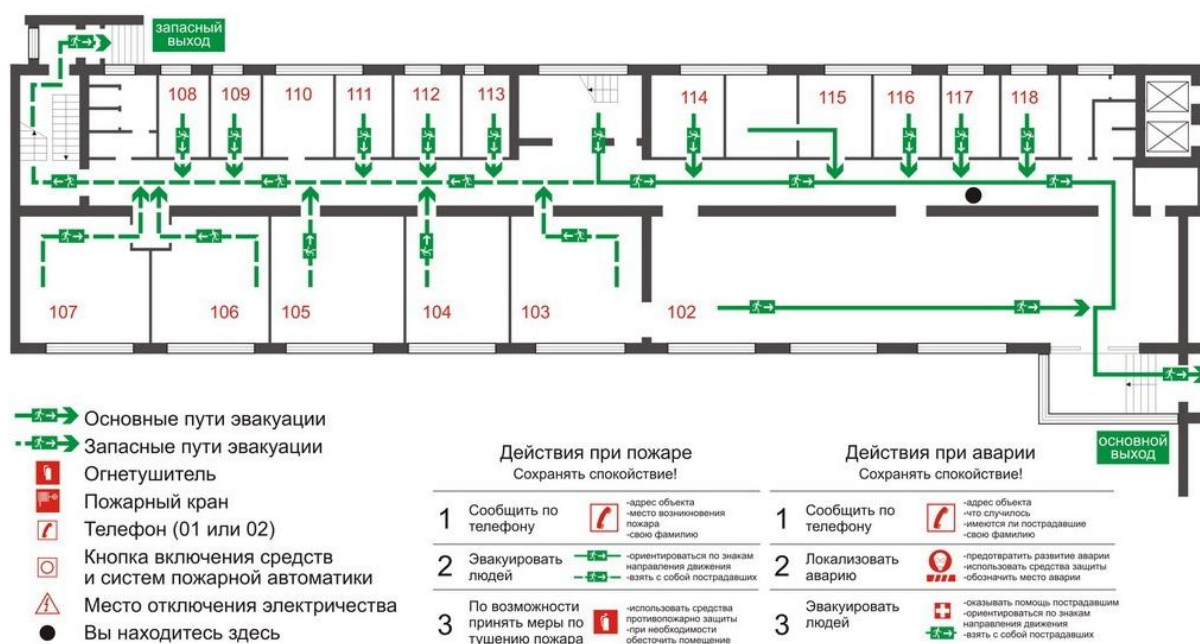


Рисунок 5.1– План эвакуации

Данный метод точной оценки определяемого параметра способствует повышению оперативности проведения данных химических анализов, что важно в определенных ситуациях. Стабильная работа предприятия не исключает возможность аварийной ситуации, такой как неконтролируемый выброс вредных и опасных веществ в сточные воды. В этом случае быстрый химический анализ сточных вод будет необходим, для предотвращения или принятия каких-либо мер по устранению чрезвычайной ситуации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе магистерской диссертации были рассмотрены основные положения метрологического обеспечения количественного химического анализа. Рассмотрены метрологические требования и метрологические характеристики методик КХА. Приведен анализ методов КХА.

В работе представлен анализ оптических методов определения состава веществ и рассмотрен новый оптический аналитический метод – цифровой цветометрический анализ. Данный метод является актуальным в аналитической химии и обладает высоким потенциалом.

В ходе работы были разработаны документы (технические условия, руководство по эксплуатации) для аппаратно-программного прототипа экспериментальных исследований метода цифрового цветометрического анализа для определения количества вещества по цветовой шкале на основе прозрачных полимерных оптических сенсоров (оптодов).

Эксплуатационная документация разработана с целью проведения испытаний и установления типа Цифрового цветометрического анализатора для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения. ЦЦА-2.1.

Участие в проведении экспресс-анализа для установления метрологических характеристик устройства.

Данная разработка может применяться для успешного управления технологическими процессами, обеспечения надлежащего качества промышленного сырья и продукции, повышение эффективности сельскохозяйственного производства, совершенствования здравоохранения, решения экологических проблем.

Экономический эффект для предприятия, это экономия внутренних экономических ресурсов, затрачиваемых на контроль экологических показателей. Экономический эффект для сотрудников службы контроля, при увеличении круга предприятий для контроля экологических параметров увеличивается и прибыль данных организаций.

Данный метод точной оценки определяемого параметра способствует повышению оперативности проведения данных химических анализов, что важно в определенных ситуациях. Стабильная работа предприятия не исключает возможность аварийной ситуации, такой как неконтролируемый выброс вредных и опасных веществ в сточные воды. В этом случае быстрый химический анализ сточных вод будет необходим, для предотвращения или принятия каких-либо мер по устранению чрезвычайной ситуации.

В рамках работы над темой магистерской диссертации была написана статья «Алгоритм многокомпонентного цифрового цветметрического анализа состава вещества» вместе со старшим преподавателем кафедры КИСМ Спиридоновой А.С., и профессором кафедры КИСМ, д.т.н Муравьевым С.В.

Список используемых источников

- 1 Дворкин В. И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа. – М.: Химия, 2001. –263с.
- 2 Шаевич А.Б. Аналитическая служба как система.– М. «Химия», 1981.–262 с.
- 3 Метрология и стандартизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metro-logiya.ru/index.php>. (дата обращения 18.03.2015)
- 4 Оценка показателей качества методик количественного химического анализа (КХА) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sibecopribor.ru/pub_chem_analize.html . (дата обращения 15.02.2016)
- 5 Л. В. Вронска, Метрологическое обеспечение количественного химического анализа: учебное пособие – М., 2003.
- 6 Основы аналитической химии и химического анализа (для геологов): учебное пособие/ Н. Н. Чернышова, О. А. Воронова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.–308 с
- 7 Методики количественного химического анализа. Пособие/ В. И. Калмановский. Москва: Химия.
- 8 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. Пособие/ Л.М. Лебедева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005, 216 с.
- 9 А.П. Крешков, Основы аналитической химии. Книга 2. Теоритические основы. Количественный анализ. – М.: Химия; 1971, 402 с.
- 10 А.П. Крешков, Основы аналитической химии. Книга 3. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Химия; 1970, 472 с.
- 11 К.М. Олышанова, С.К. Пискарева, К.М. Барашков. Аналитическая химия. – М.: Химия, 1980.
- 12 Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М., 1962.
- 13 Голубицкий Г.Б. Многокомпонентный анализ по спектрофотометрическим данным: афтореф. дис. док. хим. наук. – Курск, 2010, 18с.
- 14 А.П. Крешков, Основы аналитической химии. Книга 1. Теоритические основы. Качественный анализ. – М.: Химия; 1971, 402 с.
- 15 Аналитическая химия. Химические методы анализа, М.: Химия, 1993 г.

- 16 Павленко В. А. Газоанализаторы. – М. –Л., 1965.–295 с.
- 17 Гуревич М. М. Цвет и его измерение, М.–Л.: АН СССР, 1950. – 284 с.
- 18 Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике, пер. с англ., М., 1978.
- 19 L.F. Capitan-Vallvey, et al., Recent developments in computer vision-based analytical chemistry: A tutorial review, *Analytica Chimica Acta* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2015.10.009>
- 20 Каттралл Роберт В. Химические сенсоры. – М.: Научный мир, 2000–с.87.
- 21 Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ: пат. 2272284 Рос. Федерация № 2004125304/04; заявл. 18.08.04; опубл. 20.03.06, Бюл. № 8. – 9 с.
- 22 Золотов Ю.А. Простейшие средства аналитического контроля// Хим. пром., 1997, №6– с.48–56.7-6
- 23 Силушкин С.В. Цифровой цветометрический анализатор для определения состава веществ с применением полимерных оптодов: автореф. к.т.н. –Томск, 2011, 20с.
- 24 A.W. Martinez, S.T. Phillips, E. Carrilho, S.W. Thomas III, H. Sindi, G.M. Whitesides, Simple telemedicine for developing regions: camera phones and paper-based microfluidic devices for real-time, off-site diagnosis, *Anal. Chem.* 80 (2008) 3699e3707.
- 25 A.W. Martinez, S.T. Phillips, G.M. Whitesides, E. Carrilho, Diagnostics for the developing world: microfluidic paper-based analytical devices, *Anal. Chem.* 82 (2009) 3e10.
- 26 D.N. Breslauer, R.N. Maamari, N.A. Switz, W.A. Lam, D.A. Fletcher, Mobile phone based clinical microscopy for global health applications, *PLoS One* 4 (2009).
- 27 A. Pesenti, R.V. Taudte, B. McCord, P. Doble, C. Roux, L. Blanes, Coupling paper-based microfluidics and lab on a chip technologies for confirmatory analysis of trinitro aromatic explosives, *Anal. Chem.* 86 (2014) 4707e4714.
- 28 Силушкин С.В., Овчинников П.Г. Виртуальный прибор для определения микроколичеств веществ с применением оптических датчиков // Современные техника и технологии. Сборник трудов XVII Международной научно-практической

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, ТПУ, 18–22 апреля 2011. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – Т. 1. – С. 233–234.

29 Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В., Мокроусов Г.М. Чувствительный оптический элемент на Hg (II) // Журнал аналитической химии. – 2007. – Т. 62. – № 9. – С. 923–926.

30 Muravyov S.V., Gavrilenko N.A., Spiridonova A.S., Silushkin S.V., Ovchinnikov P.G. Colorimetric scales for chemical analysis on the basis of transparent polymeric sensors // Journal of Physics: Conference Series, 2010. – Vol. 238. – No. 1. – P. 012051.

31 S.I.E. Andrade, M.B. Limo, I.S. Barreto, W.S. Lyra, L.F. Almeida, M.C.U. Araujo, E.C. Silva, A digital image-based flow-batch analyzer for determining Al(III) and Cr(VI) in water // Microchemical journal, 109 (2013), p. 105-111. doi:10.1016/j.microc.2012.03.029.

32 Angel Lopez-Molinero, Valle Tejedor Cubero, Rosa Domingo Irigoyen, Daniel Sipiera Piazuolo. Feasibility of digital image colorimetry—Application for water calcium hardness determination.// Talanta. 103 (2013), p. 236-244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2012.10.038/>

33 L. Lahuerta Zamora, A. M. Mellado Romero & J. Martínez Calatayud. Quantitative Colorimetric Analysis of Some Inorganic Salts Using Digital Photography.// Analytical Letters, 44(2011), p. 1674-1682, DOI: 10.1080/00032719.2010.520394.

34 A.N. Diaz, F.G. Sanches, F.G. Diaz, E.N. Baro, M. Algarra, A. Aguilar, Chemiluminescence Detection of 2,4,5-Trichlorophenoxy Acetic Acid in Apple Juice by Digital Image Analysis // Food Anal. Methods 5(2012), p.448-453. DOI 10.1007/s12161-011-9265-6.

35 Aree Choodum, Niamh Nic Daeid. Digital image-based colorimetric tests for amphetamine and methylamphetamine.// Drug testing and analysis. 3 (2011), p. 277-282. DOI 10.1002/dta.263.

36 Aree Choodum, Niamh Nic Daeid. Rapid and semi-quantitative presumptive tests for opiate drugs.// Talanta. 86 (2011), p. 284-292. doi:10.1016/j.talanta.2011.09.015

- 37 L. Lahuerta Zamora and M. T. Pérez-Gracia. Using digital photography to implement the McFarland method.// J. R. Soc. Interface 9(2012), p. 1892-1897, doi: 10.1098/rsif.2011.0809
- 38 Смагунова А.Н. Метрологические характеристики качества методик и количественного химического анализа: погрешность или неопределенность, какую использовать? 2006, 5 с.
- 39 СанПиН 2.2.2.542–96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы»
- 40 Р 2.2.2006 – 05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2006.
- 41 СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- 42 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Естественное и искусственное освещение»
- 43 Экология, охрана природы и экологическая безопасность: учебное пособие / А. Т. Никитин, С. А. Степанов, Ю. М. Забродин [и др.]; под общ. ред. В. И. Данилова – Данильяна. – М.: Издательство МНЭПУ. 1997. – 744 с.
- 44 Панин, В. Ф. Экология для инженера. Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса: обзор современных принципов и методов защиты биосферы: учебное пособие / В. Ф. Панин, А. И. Сечин, В. Д. Федосова; под ред. В. Ф. Панина. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.
- 45 Борзова И.Д., Служба охраны труда. Санитарно–бытовое обслуживание. М., 2013.
- 46 Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1999. – 318с.
- 47 Юрченко Д. и др. Научно–технический прогресс в пожарной охране. М., 1983
- 48 Шувалов М.Г. Основы пожарного дела. М., 1979

**Приложение А
(обязательное)
ФЮРА.443100.001 РЭ. ЦЦА-2.1.Руководство по эксплуатации.**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Национально исследовательский
Томский Политехнический Университет

ОКП 443100

«УТВЕРЖДАЮ»

« » _____ 2016г.

М.П.

**Цифровой цветометрический анализатор для измерения
массовой концентрации элементов и веществ,
обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1
Руководство по эксплуатации**

ФЮРА.443100.001 РЭ–2016

Руководитель разработки:
Профессор кафедры КИСМ НИ ТПУ
_____ / Муравьев С.В.

Содержание

	С.
Введение	4
1 Описание и работа изделия	5
1.1 Назначение	5
1.2 Технические характеристики	5
1.3 Состав изделия	5
1.4 Устройство и работа	7
1.5 Маркировка и пломбирование	8
1.6 Упаковка	9
2 Использование по назначению	10
2.1 Эксплуатационные ограничения	10
2.2 Подготовка изделия к использованию	10
2.3 Использование изделия	11
2.4 Программное обеспечение	
3 Техническое обслуживание	11
4 Текущий ремонт	12
5 Хранение	13
6 Транспортировка	13
7 Утилизация	14

ВНИМАНИЕ!

Изготовитель Цифрового цветометрического анализатора для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1 оставляет за собой право вносить непринципиальные изменения в конструкцию, электрическую схему и в программное обеспечение данного изделия без отображения их в руководстве по эксплуатации (РЭ). Также изготовитель оставляет за собой право устанавливать отдельные элементы, отличающихся от указанных в документации, не изменяя при этом метрологические и эксплуатационные характеристики устройства.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) является документом, удостоверяющим основные параметры и технические характеристики Цифрового цветометрического анализатора для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1 (далее – Устройство). РЭ позволяет ознакомиться с Устройством и принципом его работы, а также устанавливает правила эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, применения, хранения и транспортирования Устройство.

Персоналу не требуется профессиональная подготовка для работы с Устройством. Необходимы навыки работы с персональным компьютером (ПК) и знать принцип действия устройства и программное обеспечение (ПО), для этого достаточно внимательно изучить настоящее руководство по эксплуатации.

Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы Устройство в течение его эксплуатации. Окружающая среда, в которой находится Устройство, определяет частоту осмотра. Рекомендуемая частота проведения профилактических работ: не реже 1 раза в 12 месяцев.

Техническое обслуживание и ремонт Устройство должны производиться только лицами, имеющими специальную подготовку, ознакомленными с устройством и принципом работы Устройство. Сведения, необходимые для проведения технического обслуживания и текущего ремонта Устройство, содержатся в разделах 3 и 4 настоящего РЭ.

Для исключения возможности механических повреждений корпуса, внутренних составных элементов и нарушения целостности лакокрасочного покрытия следует соблюдать правила хранения и транспортирования Устройство, которые изложены в разделе 5 настоящего РЭ.

Перед началом эксплуатации Устройство необходимо внимательно изучить настоящее РЭ.

1. Описание и работа

1.1 Назначение

Устройство предназначено для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающий цветом или образующих цветные соединения.

Область применения – измерение физико-химических величин.

1.2 Характеристики устройства

1.2.1 Технические характеристики

Таблица 1–Технические характеристики

Рабочий диапазон длин волн, нм	от 400 до 700
Погрешность определения веществ, %	20
Параметры электропитания	От сети 220 В
Габаритные размеры Устройство, мм, не более	
Размеры оптода (сенсора), мм	6×8×1
Масса, кг, не более	
Время считывания, мс	25–30
Время непрерывной работы	время работы ПК
Нормальные условия работы:	
Температура окружающего воздуха, °С	20±5
Относительная влажность воздуха при 20 °С, %	65±15
Атмосферное давление, кПа	100±4

1.2.3 Метрологические характеристики

Метрологическими характеристиками являются:

– предел обнаружения;

– диапазон определяемых содержаний

*ДОС – диапазон определяемых содержаний;

**КА – коэффициенте аппроксимации

***Активность антиоксидантов выражена как мг/л аскорбиновой кислоты

**** Твердофазная экстракция

Таблица 2 – Оптическая чувствительность оптодов с иммобилизованными реагентами

Иммобилизуемый реагент	Аналит	ДОС*, мг/дм ³	Предел обнаружения, мг/дм ³		Объект анализа
Диэтилдитиокарбаминат - Pb(II)	Cu (II)	0,02-1,00			Сточные воды, питьевая вода
1-(2-пиридилазо)-2-нафтол	Co (II, III)	0,03-0,50	0,03 0,05	0,991 0,999	
	Ni (II)	0,03-0,50			
	Суммарное содержание тяжелых металлов	0,0-0,7	0,05 0,06	0,993 0,979	
		0,0-0,4	0,02 0,03	0,991 0,999	
–	Нитрит-ионы	0,0-0,16	0,02	0,998	
дифенилкарбазон	Cr (VI)	0,03-0,10	0,014 0,018	0,998 0,994	
2,2'-дипиридил	Fe (II, III)	0,2-5,0			
1,10-фенантролин					
дитизон	Ag (I)	0,02-0,20	0,015	0,998	
		0,03-0,20	0,030	0,999	
	Se (IV)	0,09-0,5			
–	Эозин****	1 - 50	2,5 4,3	0,9943 0,9945	Буровая жидкость
–	Родамин 6G*****	0,00 - 0,80	0,02 0,07	0,9968 0,9854	

1.3 Состав изделия

1.3.1 В состав устройства входят:

1 – первичный измерительный преобразователь (оптод);

2 – вторичный измерительный преобразователь (ВИП), содержащий полупроводниковый RGB-датчик типа MCS3AS компании MaZET (Германия) с четырьмя светодиодами – стандартными источниками дневного света D65 (цветовая температура 6500 К) в соответствии со стандартом Международной комиссии по освещению CIE 1965 г. (ГОСТ 7721–89);

3 – устройство обработки сигналов (УОС) на основе платы сбора данных NI myRIO 1900 компании National Instruments (США), содержащее двухъядерный микропроцессор (МП) Xilinx Zynq-7010, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), цифровые линии ввода/вывода (В/В), USB-интерфейс;

4 – ноутбук или персональный компьютер (ПК), на котором функционирует программное обеспечение для управления устройствами, обработки и визуализации цветометрической информации.

Структурная схема Устройства представлена на рисунке 1.

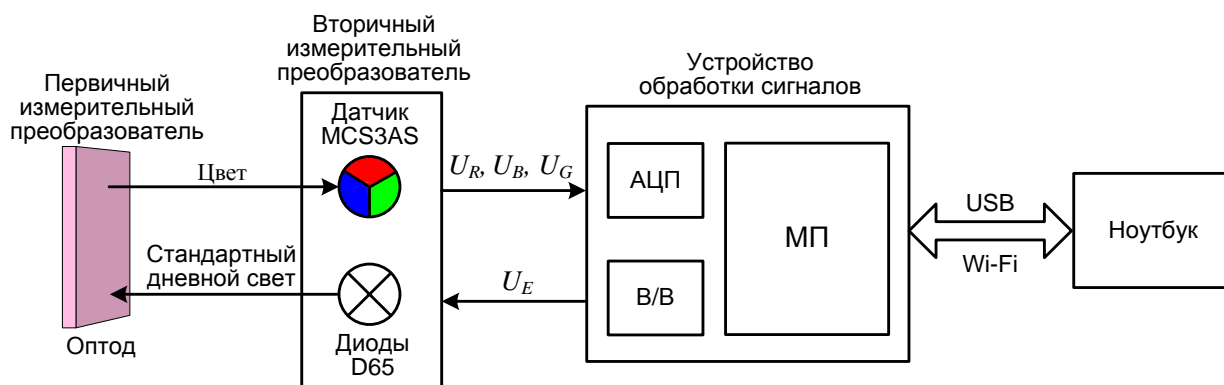


Рисунок 1– Структурная схема устройства

1.3.2 Комплектность

В комплект поставки входит:

- Устройство;
- USB-кабель для подключения к ПК;
- шнур питания;
- руководство по эксплуатации ФЮРА.443100.001РЭ – 2016;
- CD-диск с установочным программным обеспечением.
- упаковка.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Состав Устройства приведен в п. 1.3.

1.4.2 Принцип работы Устройства

Подключение Устройства осуществляется с помощью USB-кабеля к ПК, а затем в электрическую сеть с напряжением 220 В.

Установка и инициализация интерфейса программного обеспечения (ПО) производится согласно п. 2.4.

Для проведения измерений координат цвета необходимо расположить предварительно подготовленный оптод на подложку Устройства. Подложка после позиционирования оптода задвигается обратно в Устройство.

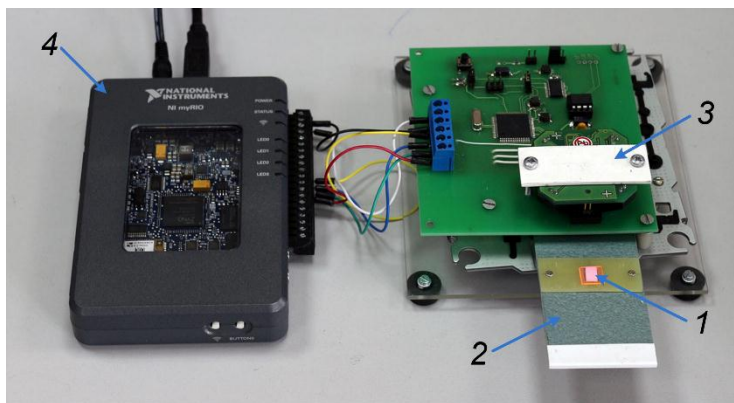


Рисунок 2 – Внешний вид Устройства

(1 – исследуемый оптод; 2 – приемник оптода; 3 – ВПП; 4 – УОС)

Измерение количества состава искомого компонента с помощью установленного ПО:

- по команде с ПК микроконтроллер выдает питающее напряжение для работы светодиодов белого свечения на промежуток времени от 25 до 30 мс;
- оптическое излучение, проходя через оптод, воспринимается RGB-датчиком;
- сигнал с RGB-датчика, преобразованный в напряжение, поступает на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) микроконтроллера, где оцифровывается и в виде кодов, соответствующих напряжений, передается на ПК через USB-кабель, затем полученные коды программно переводятся в 24-битовые RGB-координаты.
- полученные координаты могут быть сохранены в памяти ПК для хранения и дальнейшего анализа.

Более подробная информация по работе Устройства с помощью ПО описана в руководстве по эксплуатации.

1.5 Маркировка и пломбирование

Маркировка Устройства должна соответствовать требованиям ГОСТ 30668–2000.

Маркировка Устройства может быть нанесена любым способом на поверхность изделия, доступную для осмотра. Маркировка должна быть разборчивой, прочной и читаемой.

Маркировка Устройства должна содержать:

- товарный знак или код предприятия-изготовителя;
- дату изготовления;
- обозначение типа или вида изделия;
- значение основных параметров;
- индивидуальный номер устройства по системе нумерации предприятия-изготовителя, если присвоен;
- знаки, необходимые для монтажа и эксплуатации изделия.
- назначение контактов разъема подключения сети переменного тока.

Маркировка транспортной тары – по ГОСТ 14192-96 и ГОСТ Р 51474-99, с указанием манипуляционных знаков: «Ограничение температуры», «Беречь от солнечных лучей», а также товарного знака предприятия-изготовителя, наименования и условного обозначения источника питания.

Маркировка наименования и модели выполнена буквенно-цифровым кодом: «ЦЦА-2.1»;

где «ЦЦА» – цифровой цветометрический анализатор;
цифровое обозначение «2.1» – номер изготовленного Устройства и серия применяемого ПО.

1.6 Упаковка

Упаковка перед транспортировкой по ГОСТ 23088-80:

- Устройство и упаковочный материал очищаются от грязи и пыли;
- если Устройство подвергался воздействию влаги, он просушивается в теплом, сухом помещении в течение двух суток;

– Устройство должен быть без коррозионного поражения металла и нарушения покрытия;

– упаковка Устройства производится только после выравнивания температуры устройства с температурой помещения, в котором выполняется упаковка (при температуре от плюс 15 до плюс 40 °С и относительной влажности не более 80 % при отсутствии агрессивных примесей в окружающей среде).

Упаковка Устройства должна производиться в закрытых вентилируемых помещениях.

Подготовленное к упаковке Устройство укладывают в коробку из гофрированного картона ГОСТ Р 52901-2007.

Устройство упаковывается с обязательным применением химически неагрессивных влагопоглотителей (силикагель).

Эксплуатационная документация должны быть помещена в полиэтиленовый пакет и уложена в потребительскую тару вместе с Устройством.

Ящик из гофрированного картона должен быть укупорен упаковочным скотчем согласно ГОСТ 9142–2014.

2 Использование по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения

В помещениях хранения и эксплуатации не должно быть пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию.

Не допускаются вибрационное воздействие на прибор.

2.2 Подготовка изделия к использованию

2.2.1 Перед началом работы с Устройством потребитель должен внимательно ознакомиться с назначением Устройства, его техническими данными и характеристиками, устройством и принципом действия, а также с руководством по эксплуатации.

2.2.2 При вводе Устройства в эксплуатацию необходимо проверить его комплектность, провести внешний осмотр с целью выявления наличия (отсутствия) механических повреждений.

2.2.3 Эксплуатация Устройства допускается только в нормальных условиях, указанных в п.1.2. При непосредственном проведении химического анализа рекомендуется работать с Устройством в нормальных условиях.

2.2.4 При помощи USB-кабеля необходимо подключить Устройство к персональному компьютеру (ПК) или ноутбуку, а затем с помощью шнура питания к общей электрической сети. Далее необходимо произвести установку (инсталляцию) ПО на используемый ПК. Дальнейшее проведение измерений с помощью устройства проводить на ПК согласно порядку, указанному п. 2.4.

2.3 Использование изделия

Для правильного использования устройства необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации, которое поставляется в комплекте с Устройством.

2.4 Программное обеспечение

2.4.1 Назначение программы

Программа «Цифровой цветометрический анализатор» (далее «ЦЦ-анализатор») предназначена для управления Цифровым цветометрическим анализатором для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающий цветом или образующих цветные соединения ЦЦА-2.1.

2.4.2 Условия выполнения программы

Требования к аппаратному обеспечению:

- процессор: Intel Pentium 4 2000 МГц или выше (либо эквивалентный);
- ОЗУ: 2048 МБ рекомендуется (1024 МБ минимум);
- 1024 МБ свободного дискового пространства;
- VGA-монитор с разрешением 1024x768 или выше;
- клавиатура;
- мышь или совместимое указывающее устройство;
- устройство чтения компакт-дисков или DVD-дисков;
- интерфейс USB.

Требования к программному обеспечению:

- ОС Windows XP SP3, Windows 7 SP1, Windows 8.1; Windows 10;
- LabVIEW Run-Time Engine 2015 Windows версия.

2.4.3 Подготовка к работе

Установить диск с программным обеспечением «Цифровой цветометрический анализатор» в привод персонального компьютера (далее – ПК), установить программное обеспечение: компакт-диск:\DCA\Volume\Setup.exe. Если программное обеспечение установлено правильно, то в меню «Пуск» и на «Рабочем столе» должны появиться папки dE Application, внутри папки находится ярлык dE.exe для запуска ПО.

2.4.4 Выполнение программ

Для начала работы с программой «ЦЦ-анализатор» запустить приложение dE.exe из папки dE Application.

После запуска откроется лицевая панель программы «ЦЦ-анализатор», приведенная на рисунке 3.

Лицевая панель визуально разделена на пять функциональных окон с именами:

- «Цветовая шкала»;
- «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ »;
- «Цветовые координаты оптодов»;
- «Концентрация C_x , мг/дм³»;
- «Сервисные функции».

Окно «Цветовая шкала». В этом окне осуществляется ввод необходимых для работы «ЦЦ-анализатора» параметров цветометрической шкалы для определения конкретного вещества (RGB-кодов опорных оптодов и соответствующих концентраций) в двух режимах:

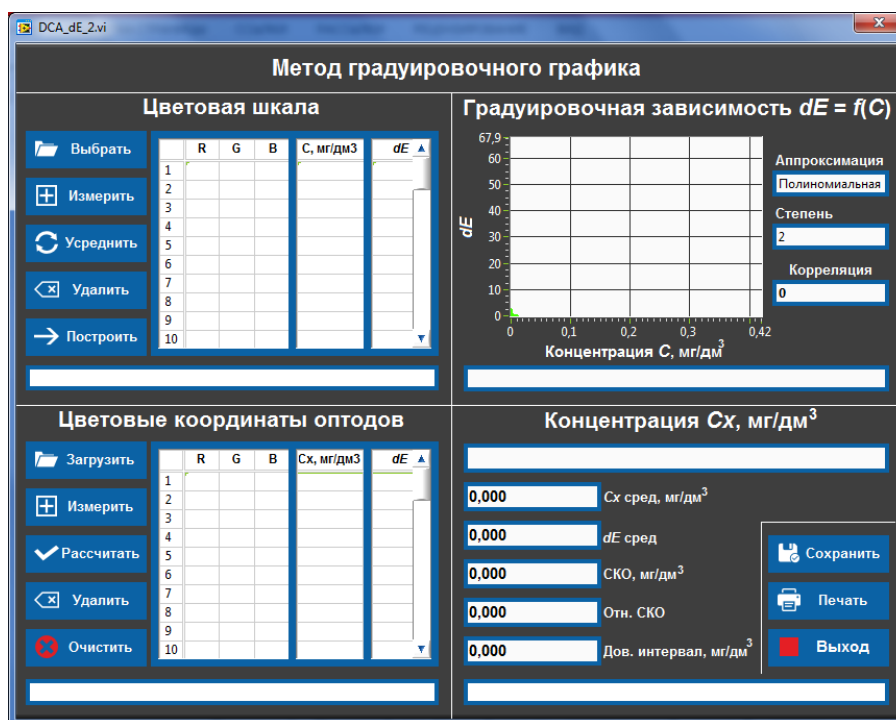


Рисунок 3— Лицевая панель

– режим измерения (путем нажатия на кнопку «Измерить» (а) на лицевой панели в окне «Цветовая шкала», измеренные цветовые координаты в виде RGB-

кодов записываются в соответствующие поля таблицы «RGB», концентрации опорных оптодов вводятся в ручном режиме в соответствующие поля таблицы «С, мг/дм³», см. рисунок 4. При необходимости повторить измерения значений с оптода надо выделить строку, данные которой необходимо измерить повторно, и нажать «Измерить» (а);

– загрузка параметров из файла (путем нажатия на кнопку «Выбрать» (б) на лицевой панели в окне «Цветовая шкала», параметры выбранной шкалы отображаются в окнах таблиц «RGB» и «С, мг/дм³» (см. рисунок 4).

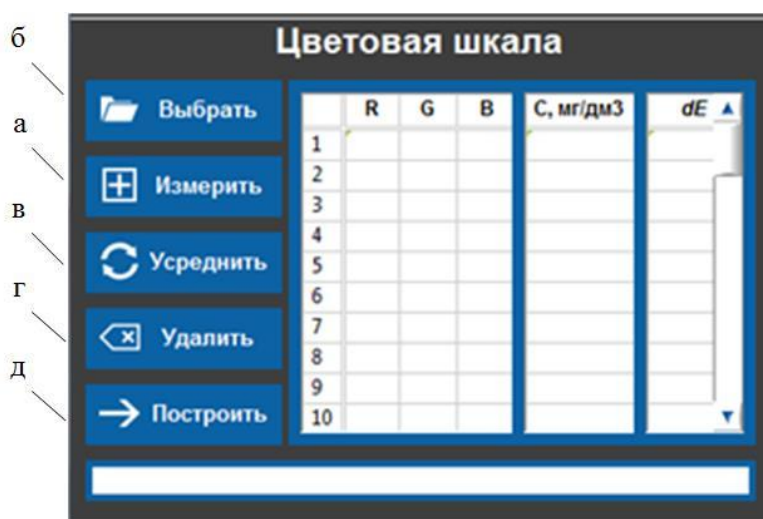


Рисунок 4– Окно «Цветовая шкала»

Кнопка «Усреднить» (в) предназначена для выполнения усреднения одноименных значений выделенных строк RGB-кодов опорных оптодов в таблице «RGB». Кнопка «Удалить» (г) позволяет удалять выделенные строки в таблице «RGB» (см. рисунок 4). Для усреднения или удаления строк необходимо выделить область в таблице «RGB» и далее нажать необходимую кнопку.

Кнопка «Построить» (д) (см. рисунок 4) позволяет для каждого опорного оптода с известной концентрацией C автоматически рассчитать цветное различие dE . Таким образом формируются опорные точки шкалы, на основании которых строится градуировочная зависимость $dE = f(C)$, отображаемая в окне «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ » (см. рисунок 5).

Окно «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ » (см. рисунок 5). В окне можно выбрать вид аппроксимации (полиномиальная, экспоненциальная) и степень полинома путем выбора соответствующих значений в полях «Аппроксимация» (е) и «Степень» (ж).

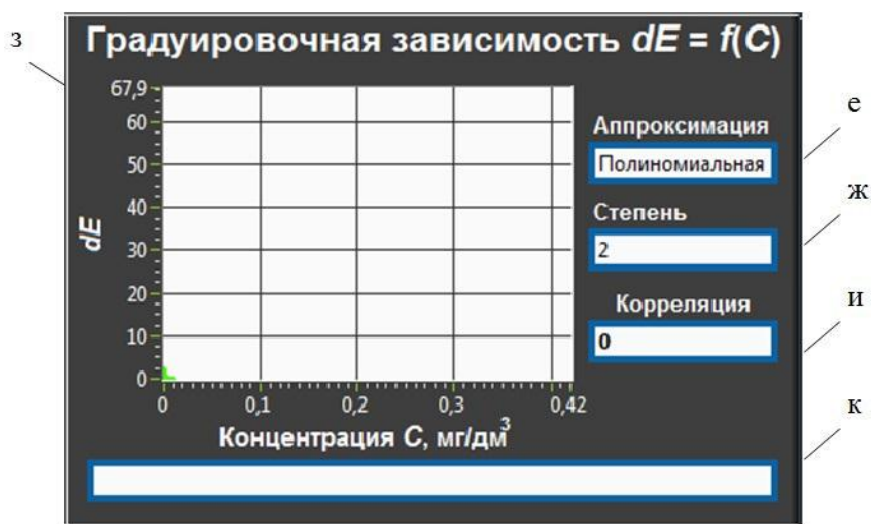


Рисунок 5 – Окно «Градуировочная зависимость $dE = f(C)$ »

Параметры аппроксимации подбираются таким образом, чтобы градуировочная характеристика проходила максимально близко ко всем точкам шкалы с коэффициентом корреляции стремящийся к 1. График аппроксимированной градуировочной характеристики $dE = f(C)$ выводится в специальное окно (з). В специальных полях отображаются коэффициент корреляции – поле «Корреляция» (и) и уравнение аппроксимации в поле «Концентрация C , мг/дм³» (к) (см. рисунок 5).

Окно «Цветовые координаты оптодов» (см. рисунок 6). Цветовые координаты исследуемого оптода могут быть введены одним из двух способов:

- нажатием кнопки «Загрузить» (л) выбирается файл с цветовыми координатами ранее исследованного оптода;
- нажатием кнопки «Измерить» (м), определяются цветовые координаты исследуемого оптода Устройством.

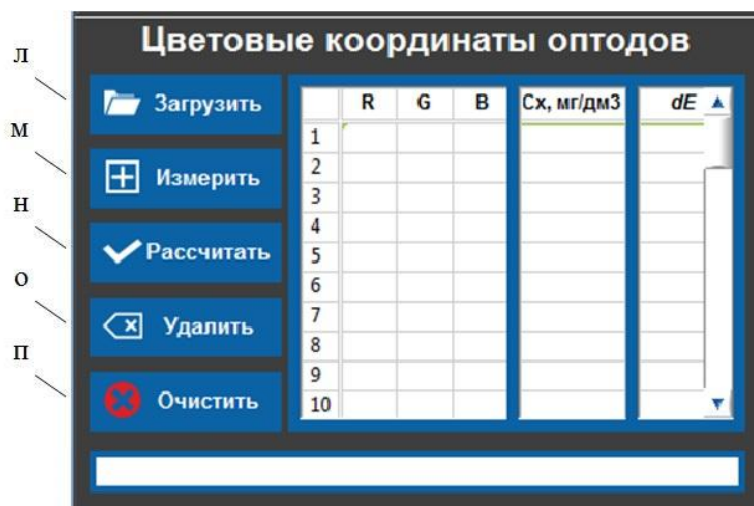


Рисунок 6 – Окно «Цветовые координаты оптодов»

Кнопка «Рассчитать» (н) запускает автоматический расчет цветового различия dE между нулевой точкой шкалы ($C_0 = 0 \text{ мг/дм}^3$) и цветовыми координатами i -го исследуемого оптода и определение концентрации C_x для каждого оптода посредством решения уравнения аппроксимации и нахождения его положительных вещественных корней (см. рисунок 6).

Кнопка «Удалить» (о) позволяет удалять выделенные строки в таблице «RGB». Для удаления строк необходимо выделить область в таблице «RGB» и далее нажать необходимую кнопку (см. рисунок 6).

Кнопка «Очистить» (п) очищает все поля в окне «Цветовые координаты оптодов» (см. рисунок 6).

Окно «Концентрация C_x , мг/дм³» (см. рисунок 7). По рассчитанным значениям концентраций C_x рассчитывается средняя концентрация (\bar{p}), среднее цветовое различие (\bar{c}), среднеквадратическое отклонение (\bar{t}), относительное среднеквадратическое отклонение (\bar{y}) и доверительный интервал результатов измерений ($\bar{\phi}$), которые отображаются в соответствующих полях.

Окно «Сервисные функции» (см. рисунок 7). Кнопка «Сохранить» (х) предназначена для сохранения всех данных. Кнопка «Печать» (ц) выводит результаты на печать. Кнопка «Выход» (ч) останавливает работу программы.

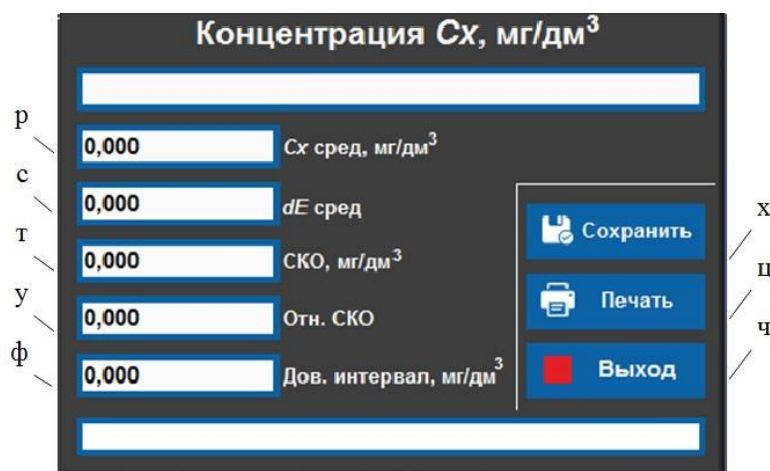


Рисунок 7 – Окно «Концентрация C_x , мг/дм³» и «Сервисные функции»

Примечание! При нажатии кнопки «Сохранить» можно сохранить отдельно шкалу, образцы или все результаты.

3 Техническое обслуживание

Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы Устройства в течение его эксплуатации. Окружающая среда, в которой находится Устройство, определяет частоту осмотра. Рекомендуемая частота проведения профилактических работ: не реже 1 раза в 12 месяцев.

Необходимо периодически проводить удаление пыли с Устройства: внутри – продувкой сухим воздухом, снаружи – мягкой тряпкой.

Скопление пыли в Устройстве может вызвать перегрев и повреждение элементов, так как пыль служит теплоизолирующей прокладкой и уменьшает эффективность рассеивания тепла.

Рекомендации по устранению неисправностей:

1 Если не происходит подключение Устройства к ПК или общей сети: необходимо проверить посадку контактных площадок USB-кабеля (или шнура питания) до упора в разъемах (возможна дальнейшая замена USB-кабеля или шнура питания).

В случае замены USB-кабеля или шнура питания индикаторный Устройство не работает, то связаться с изготовителем для устранения проблемы.

2 Обнаружен механический обрыв в схеме: необходимо обратиться к изготовителю.

3 Консервация устройства.

3.1 Средства и методы консервации и упаковка должны обеспечивать защиту Устройства от механических повреждений, коррозии, увлажнения, частично – от старения и биоповреждений на сроки сохраняемости, установленные в настоящем РЭ или другой НТД на изделия. В течение полного срока сохраняемости при необходимости технического обслуживания Устройства могут быть предусмотрены одно или несколько переупаковываний и (или) переконсерваций.

3.2 Защиту комплектующих изделий, поставляемых в комплекте, устанавливают для условий транспортирования и сроков сохраняемости, необходимых для доставки и хранения изделий на предприятии-получателе комплектующих изделий, согласованных с ним и указываемых в договорах на поставку.

4 Текущий ремонт

Ремонт производится у производителя, согласно гарантийным или договорным обязательствам.

5 Хранение

Устройство в упаковке должно храниться в сухом отапливаемом помещении в условиях при температуре от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 85 % при 25 °С.

В местах хранения устройства не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей.

Устройство всегда должно храниться и транспортироваться в ящике.

Устройство не должно подвергаться ударам и воздействию атмосферных осадков, которые могут отразиться на его работоспособности и сохранности устройства.

Предельный срок хранения равен 12 месяцам со дня приёмки ОТК (отдел (отдел технического контроля)).

При длительном хранении необходимо соблюдать требования к консервации устройства, приведенные в п. 3.3 настоящего РЭ.

6 Транспортировка

Требования к транспортировке указаны ГОСТ 15150-69:

– перед транспортированием, Устройство необходимо упаковать во избежание механических и других видов повреждений. Требования по упаковке устройства приведены в п 1.6;

– транспортирование Устройства в упаковке изготовителя может производиться любым видом закрытого транспорта без ограничения скорости (ГОСТ 23088-80, при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха до 100 % при температуре 25 °С).

– при транспортировании при температуре ниже 0°С распаковка Устройства должна проводиться только после выдержки при температуре (20 ± 5) °С не менее 2 ч.

Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании упакованного устройства должны строго соблюдаться требования всех предупредительных знаков и надписей, указанные на ящике согласно ГОСТ 14192-96.

7 Утилизация

7.1.1 Устройство не содержит материалов, опасных при утилизации для окружающей среды и человека.

7.1.2 При утилизации аппарата и его составных частей рекомендуется их частичная разборка и сортировка по материалам (цветные металлы, черные металлы, пластмассовые изделия).

7.1.3 Обеспечивая правильную утилизацию данного Устройства, вы можете предотвратить потенциальные негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека.

7.2 На Устройстве или его упаковке должен быть символ, указывающий на то, что Устройство нужно утилизировать.

7.3 При производстве и использования данного Устройства персонал должен соблюдаться требования в соответствии ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды».

7.4 При работе Устройство не производит выбросов в атмосферу и не загрязняет окружающую среду.

(обязательное)

ФЮРА.443100.001 ТУ. ЦЦА-2.1. Технические условия.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Национально исследовательский Томский

Политехнический Университет

ОКП 443100

«УТВЕРЖДАЮ»

« » _____ 2016г.

М.П.

**Цифровой цветометрический анализатор для измерения массовой
концентрации элементов и веществ, обладающих цветом
или образующих цветные соединения. ЦЦА 2.1**

Технические условия
ФЮРА. 443100.001 ТУ–2016

Введен впервые
Срок действия от

« » 2016 г.

Без ограничения срока действия

2016

<p align="center">Технические условия ФЮРА. 443100.001 ТУ–2016</p>					<p align="center">Введен впервые Срок действия от «___»_____2016 г. Без ограничения срока действия</p>
Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №			
Подпись и дата	Инв. №				
Инв. №					
<p align="center">2016</p>					<p align="center">Лист</p> <p align="center">115</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Содержание

	Введение	4
1	Технические требования	5
	1.1 Основные параметры и характеристики	5
	1.2 Требования назначения	5
	1.3 Требования надежности	6
	1.4 Требования стойкости к внешним воздействиям	6
	1.5 Требования эргономики	6
	1.6 Конструкторские требования	7
	1.7 Комплектность	8
	1.8 Маркировка	8
	1.9 Упаковка	9
2	Требования безопасности	12
	2.1 Требования электробезопасности	12
	2.2 Требования пожарной безопасности	12
	2.3 Требования безопасности при обслуживании	12
3	Требования к охране окружающей среде	14
	3.1 Требования по утилизации	14
4	Правила приемки	15
	4.1 Общие требования	15
	4.2 Испытания опытного образца	15
	4.3 Приемо-сдаточные испытания	15
5	Методы контроля	17
	5.1 Общие требования	17
	5.2 Проверка и оценка комплектности Устройства	17
	5.3 Внешний осмотр	17
	5.4 Испытания на влагоустойчивость	18
	5.5 Испытание на транспортирование	19
	5.6 Проверка работы Устройства в нормальных климатических условиях	19
	5.7 Испытание на воздействие пыли	20

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	3	Требования к охране окружающей среде	14
					3.1	Требования по утилизации	14
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	4	Правила приемки	15
					4.1	Общие требования	15
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	5	4.2 Испытания опытного образца	15
						4.3	Приемо-сдаточные испытания
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	5	Методы контроля	17
						5.1	Общие требования
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	5	5.2 Проверка и оценка комплектности Устройства	17
						5.3	Внешний осмотр
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	5	5.4 Испытания на влагоустойчивость	18
						5.5	Испытание на транспортирование
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	5	5.6 Проверка работы Устройства в нормальных климатических условиях	19
						5.7	Испытание на воздействие пыли
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата			Лист
					Изм.	Лист	№ докум.

	5.8 Идентификация программного обеспечения	20
6	Транспортирование и хранение	21
	6.1 Транспортировка	22
	6.2 Хранение	22
7	Указания по эксплуатации	23
	7.1 Эксплуатационные ограничения	23
	7.2 Подготовка изделия к использованию	23
8	Гарантии поставщика	24
	Приложение А (справочное)	26

Инв. №	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист
											3

Введение

Настоящие технические условия распространяются на цифровой цветометрический анализатор для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА 2.1 (далее – Устройство).

Подпись и дата							Лист
Инв. № дубл.							
Взам. инв. №							
Подпись и дата							
Инв. №							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

1 Технические требования

Устройство должно соответствовать требованиям, настоящих технических условий.

1.1 Основные параметры и характеристики

Таблица 1 –Характеристики Устройства

Рабочий диапазон длин волн, нм	От 400 до 700
Параметры электропитания	От сети 220 В
Габаритные размеры Устройства, мм, не более	60x115x25
Размеры оптода (сенсора), мм	6×8×1
Масса, кг, не более	0,5
Время считывания, мс	25–30
Время непрерывной работы	Время работы ПК
Нормальные условия работы	
Температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5
Относительная влажность воздуха при 20 °С, %	65 ± 15
Атмосферное давление, кПа	100 ± 4

Метрологическими характеристиками являются:

- предел обнаружения (ПО);
- диапазон определяемых содержаний (ДОС);

*КА (R^2)– коэффициенте аппроксимации

****Активность антиоксидантов выражена как мг/л аскорбиновой кислоты;**

*** Твердофазная экстракция

Подпись и дата	Нормальные условия работы				
	Температура окружающего воздуха, °С			20 ± 5	
	Относительная влажность воздуха при 20 °С, %			65 ± 15	
	Атмосферное давление, кПа			100 ± 4	
Инв. № дубл.	Метрологическими характеристиками являются:				
	– предел обнаружения (ПО);				
	– диапазон определяемых содержаний (ДОС);				
	*КА (R ²)– коэффициенте аппроксимации				
Взам. инв. №	**Активность антиоксидантов выражена как мг/л аскорбиновой кислоты;				
	*** Твердофазная экстракция				
Подпись и дата					
Инв. №					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
					Лист
					5

Таблица 2 – Оптическая чувствительность оптодов с иммобилизованными реагентами

Иммобилизуемый реагент	Аналит	ДОС*, мг/дм ³	ПО, мг/дм ³	R ² *	Объект
Диэтилдитиокарбаминат - Pb(II)	Cu (II)	0,02-1,00			Сточные воды, питьевая вода
1-(2-пиридилазо)-2-нафтол	Co (II, III)	0,03-0,50	0,03 0,05	0,991 0,999	
	Ni (II)	0,03-0,50			
	Суммарное содержание тяжелых металлов	0,0-0,7	0,05 0,06	0,993 0,979	
		0,0-0,4	0,02 0,03	0,991 0,999	
	—	Нитрит-ионы	0,0-0,16	0,02	0,998
дифенилкарбазон	Cr (VI)	0,03-0,10	0,014 0,018	0,998 0,994	
2,2'-дипиридил	Fe (II, III)	0,2-5,0			
1,10-фенантролин					
дитизон	Ag (I)	0,02-0,20 0,03-0,20	0,015	0,998	
			0,030	0,999	
	Se (IV)	0,09-0,5			
—	Эозин***	1 - 50	2,5 4,3	0,9943 0,9945	Буровая жидкость
—	Родамин 6G***	0,00 - 0,80	0,02 0,07	0,9968 0,9854	

1.2 Требования назначения

Устройство предназначено для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающий цветом или образующих цветные соединения.

Область применения – измерение физико-химических величин.

1.3 Требования надежности

1.3.1 Устройство должно быть ремонтпригодным и обслуживаемым.

1.3.2 Срок службы Устройства должен быть не менее 10 лет.

1.3.3 Средний ресурс работы Устройства должен быть не менее 2000 часов.

Подпись и дата	—	Эозин***	1 - 50	2,5 4,3	0,9943 0,9945	Буровая жидкость
	—	Родамин 6G***	0,00 - 0,80	0,02 0,07	0,9968 0,9854	
Инв. № дубл.	<p>1.2 Требования назначения</p> <p>Устройство предназначено для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающий цветом или образующих цветные соединения.</p> <p>Область применения – измерение физико-химических величин.</p>					
Взам. инв. №	<p>1.3 Требования надежности</p> <p>1.3.1 Устройство должно быть ремонтпригодным и обслуживаемым.</p> <p>1.3.2 Срок службы Устройства должен быть не менее 10 лет.</p> <p>1.3.3 Средний ресурс работы Устройства должен быть не менее 2000 часов.</p>					
Подпись и дата						Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Инв. №						6

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

- CD-диск с установочным программным обеспечением;
- упаковка.

1.8 Маркировка

1.8.1 Маркировка Устройства должна соответствовать требованиям ГОСТ 30668-2000.

Маркировка Устройства может быть нанесена любым способом на поверхность изделия, доступную для осмотра. Маркировка должна быть разборчивой, прочной и читаемой.

Маркировка Устройства должна содержать:

- товарный знак или код предприятия-изготовителя;
- дату изготовления;
- обозначение типа или вида изделия;
- значение основных параметров;
- индивидуальный номер Устройства по системе нумерации предприятия-изготовителя, если присвоен;
- знаки, необходимые для монтажа и эксплуатации изделия;
- назначение контактов разъема подключения сети переменного тока.

Если сведения, приведенные выше, невозможно нанести на Устройство, то они могут указываться только в прилагаемых к данному Устройство эксплуатационных документах.

1.8.2 Маркировка транспортной тары – по ГОСТ 14192-96 и ГОСТ Р 51474-99, с указанием манипуляционных знаков: «Ограничение температуры», «Беречь от солнечных лучей», «Беречь от влаги», предупредительной надписи: «Не бросать!» и др.

1.8.3 Маркировка наименования и модели выполнена буквенно-цифровым кодом:
«ЦЦА 2.1»;

где «ЦЦА» – цифровой цветометрический анализатор;

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

1.8.5 Средства и методы консервации и упаковка должны обеспечивать защиту Устройства от механических повреждений, коррозии, увлажнения, частично – от старения и биоповреждений на сроки сохраняемости, установленные в настоящем ТУ или другой НТД на изделия. В течение полного срока сохраняемости при необходимости технического обслуживания изделий могут быть предусмотрены одно или несколько переупаковываний и (или) переконсерваций.

Консервацию изделий в зависимости от конструктивных особенностей, условий хранения и транспортирования и сроков сохраняемости проводят по ГОСТ 9.014-78.

1.9.1 Упаковка перед транспортировкой по ГОСТ 23088-80:

- Устройство и упаковочный материал очищаются от грязи и пыли;
- если Устройство подвергалось воздействию влаги, оно просушивается в теплом, сухом помещении в течение двух суток;
- Устройство должно быть без коррозионного поражения металла и нарушения покрытия;
- упаковка Устройства производится только после выравнивания температуры Устройства с температурой помещения, в котором выполняется упаковка

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

(при температуре от плюс 15 до плюс 40 °С и относительной влажности не более 80 % при отсутствии агрессивных примесей в окружающей среде).

1.9.2 Требования к материалам упаковки

Упаковка Устройства и эксплуатационной документации должна соответствовать требованиям ГОСТ 23088-80. Упаковка Устройства должна обеспечивать его защиту от внешних воздействующих факторов при транспортировке согласно требованиям таблицы 1 ГОСТ 23088-80.

Упаковка Устройства должна производиться в закрытых вентилируемых помещениях.

Подготовленное к упаковке Устройство укладывают в коробку из гофрированного картона ГОСТ Р 52901-2007.

Изделие упаковывается с обязательным применением химически неагрессивных влагопоглотителей (силикагель).

Эксплуатационная документация должны быть помещена в полиэтиленовый пакет и уложена в потребительскую тару вместе с изделием.

Ящик из гофрированного картона должен быть укупорен упаковочным скотчем согласно ГОСТ 9142-2014.

В каждый комплект упаковки должен быть вложен упаковочный лист, содержащий следующие сведения:

- наименование и номер Устройства;
- весовые параметры;
- наименование и адрес предприятия-изготовителя;
- комплектность Устройства;
- дата упаковки;
- вид упаковки
- подпись упаковщика и печать предприятия- изготовителя.

1.9.3 В п.1.8.2 указаны требования к маркировке транспортной тары.

Подпись и дата		<p>Ящик из гофрированного картона должен быть укупорен упаковочным скотчем согласно ГОСТ 9142-2014.</p> <p>В каждый комплект упаковки должен быть вложен упаковочный лист, содержащий следующие сведения:</p> <ul style="list-style-type: none">– наименование и номер Устройства;– весовые параметры;– наименование и адрес предприятия-изготовителя;– комплектность Устройства;– дата упаковки;– вид упаковки– подпись упаковщика и печать предприятия- изготовителя. <p>1.9.3 В п.1.8.2 указаны требования к маркировке транспортной тары.</p>							
Инв. № дубл.									
Взам. инв. №									
Подпись и дата									
Инв. №									Лист
									11
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

2.1 Требования электробезопасности

При необходимости перемещения Устройства, следует предварительно отключить его от ПК или ноутбука и от сети питания.

Общие требования электробезопасности обеспечиваются согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009.

2.2 Требования пожарной безопасности

Общие требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 обеспечиваются путем использования негорючих материалов корпуса.

2.3 Требования безопасности при обслуживании

2.3.1 Персоналу не требуется профессиональная подготовка для работы с Устройством. Необходимы навыки работы с ПК и знать принцип действия Устройства и ПО, для этого достаточно внимательно изучить руководство по эксплуатации.

2.3.2 Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы Устройства в течение его эксплуатации. Окружающая среда, в которой находится Устройство, определяет частоту осмотра. Рекомендуемая частота проведения профилактических работ: не реже 1 раза в 12 месяцев.

Необходимо периодически проводить удаление пыли с Устройства: внутри – про-
дувкой сухим воздухом, снаружи – мягкой тряпкой.

126

Скопление пыли в Устройстве может вызвать перегрев и повреждение элементов, так как пыль служит теплоизолирующей прокладкой и уменьшает эффективность рассеивания тепла.

Рекомендации по устранению неисправностей:

1 Если не происходит подключение Устройства к ПК или общей сети: необходимо проверить посадку контактных площадок USB-кабеля (или шнура питания) до упора в разъемах (возможна дальнейшая замена USB-кабеля или шнура питания).

В случае замены USB-кабеля или шнура питания индикаторный Устройство не работает, то связаться с изготовителем для устранения проблемы.

2 Обнаружен механический обрыв в схеме: необходимо обратиться к изготовителю.

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
										Лист
										13

3 Требования к охране окружающей среде

3.1 Требования по утилизации

3.1.1 Устройство не содержит материалов, опасных для окружающей среды и человека при утилизации.

3.1.2 При утилизации аппарата и его составных частей рекомендуется их частичная разборка и сортировка по материалам (цветные металлы, черные металлы, пластмассовые изделия).

3.1.3 Обеспечивая правильную утилизацию данного Устройства, вы можете предотвратить потенциальные негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека.

3.2 На Устройстве или его упаковке должен быть символ, указывающий на то, что Устройство нужно утилизировать, символ представлен на рисунке 1.

3.3 При производстве и использования данного Устройства персонал должен соблюдать требования в соответствии ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды».

3.4 При работе Устройство не производит выбросов в атмосферу и не загрязняет окружающую среду.



Рисунок 1

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
										14
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

4 Правила приемки

4.1 Общие требования

Для проверки соответствия требованиям настоящих технических условий должно проводиться:

- испытание опытного образца;
- приемо-сдаточные испытания.

4.1 Испытания опытного образца

Опытный образец подвергается предварительным испытаниям, их проводят с целью определения готовности опытного образца к приемочным испытаниям.

Предварительные и приемочные испытания проводят согласно методикам испытаний, разрабатываемым и утвержденным стороной, несущей ответственность за проведение этих испытаний.

4.2 Приемо-сдаточные испытания

На приемочные испытания, для подтверждения выполнения установленных требований, предъявляется головной образец.

Приемо-сдаточные испытания осуществляются предприятием-поставщиком перед сдачей готовой продукции, в порядке, указанном в таблице 3.

Приемо-сдаточные испытания проводит отдел технического контроля предприятия изготовителя. Одновременно с приемо-сдаточными испытаниями Устройство подвергается первичной поверке по правилам, принятым в стране изготовителя. При получении отрицательных результатов выборочной проверки следует проводить поверку каждого Устройства предъявленной партии.

Подпись и дата		<h2>4.2 Приемо-сдаточные испытания</h2>				
Инв. № дубл.		<p>На приемочные испытания, для подтверждения выполнения установленных требований, предъявляется головной образец.</p>				
Взам. инв. №		<p>Приемо-сдаточные испытания осуществляются предприятием-поставщиком перед сдачей готовой продукции, в порядке, указанном в таблице 3.</p>				
Подпись и дата		<p>Приемо-сдаточные испытания проводит отдел технического контроля предприятия изготовителя. Одновременно с приемо-сдаточными испытаниями Устройство подвергается первичной поверке по правилам, принятым в стране изготовителя. При получении отрицательных результатов выборочной проверки следует проводить поверку каждого Устройства предъявленной партии.</p>				
Инв. №						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						15

На Устройства прошедшие приемо-сдаточные испытания с положительным результатом, должны быть поставлены клейма и пломбы ОТК, сделаны отметки в паспорте, оформляется протокол приемочных испытаний (испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 15.201-2000).

Таблица 3– Проведение приемо-сдаточных испытаний

№	Наименование	Пункты	
		требований	методов испытаний
1	Внешний осмотр (качество сборки, проверка габаритных размеров, массы, маркировки)	1.1, 1.6, 1.8	5.3
2	Комплектность	1.7	5.2
3	Работа питания, проверка соединительных портов	1.1, 2.1	5.3
4	Испытания на влагоустойчивость	1.1	5.4
5	Испытание на воздействие пыли	2.3.2	5.7
6	Испытание на транспортирование	6.1	5.5
7	Проверка параметров в нормальных климатических условиях	1.1, 1.4	5.6

Инв. №	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист
											16

5 Методы контроля

5.1 Общие требования

Все испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях с учетом настоящих технических условий. Испытания на стойкость к внешним воздействующим факторам проводятся согласно ГОСТ 30630.0.0–99.

5.2 Проверка и оценка комплектности устройства

Проверку комплектности устройства проводить визуально на соответствие требованиям раздела 1.7 «Комплектность» настоящих технических условий.

Устройство считается выдержавшим испытание, если ее комплектность соответствует комплектности, приведенной в разделе 1.7 «Комплектность» настоящих технических условий.

5.3 Внешний осмотр

5.3.1 Визуальный осмотр проводится при полностью отключенного от электрической сети Устройства.

Осмотр Устройства проводится невооруженным глазом на расстоянии 35 см от контролируемой поверхности при естественном или искусственном освещении. Освещенность должна быть не менее 300 лк при применении ламп накаливания и не менее 500 лк при применении люминесцентных ламп.

При внешнем осмотре проверяется:

- отсутствие царапин, сколов и однородность нанесенного покрытия;
- проверка крепления органов управления и регулировки, плавности их действия и чёткости фиксации;
- состояние лакокрасочных и гальванических покрытий;
- наличие маркировки;

[illegible]

– исправности кабелей и комплектности анализатора: общей работоспособности Устройства.

Результаты проверки считаются положительными, если:

- механические повреждения Устройства и повреждения в соединениях отсутствуют;
- верное нанесение маркировки;
- изображения, имеющие надписи разборчивые и читаемые.

5.3.2 Проверка габаритных размеров и массы устройства

Проверку габаритных размеров Устройства проводить с помощью измерительной линейки с ценой деления 1мм.

Результаты проверки положительные, если измеренные значения габаритных размеров Устройства не превышают значений, указанных в п. 1.1 настоящих технических условий.

Проверку массы Устройства проводят на технических весах с точностью взвешивания 0,1 мг.

Результаты проверки считаются положительными, если измеренное значение массы Устройства не превышает значения, указанного в п. 1.1 настоящих технических условиях.

5.4 Испытание на влагоустойчивость

Испытания на воздействие влажности проводят согласно ГОСТ Р 51369-99. Устройство помещается в камеру с относительной влажностью среды не более 70 % и температурой $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ на 24 ч (циклический режим согласно ГОСТ Р 51369--99), испытания проводят с учетом требований ГОСТ 30630.0.0-99.

После проведения испытаний, Устройство подвергается визуальному осмотру и проводятся испытания на его работоспособность.

Инв. №	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист
	Инв. № дубл.							18
	Взам. инв. №							

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Для начала проводятся испытания на герметичность упаковки согласно п. 5.3 ГОСТ Р 51909-2002. После чего только переходят к механическим испытаниям. Изделие в упаковке крепят на платформе ударного стенда и подвергают воздействию ударов согласно таблице 4.

Таблица 4 – Нормы воздействия ударов

Масса, кг	Режим нагрузки						
	Пиковое ударное ускорение		Длительность действия ударного ускорения, мс	Число ударов, тыс., для условий транспортировки			
	g	м/с ²		Л	С	Ж	ОЛ
До 50	75	750	2–6	0,04	0,2	2	–
	15	150	5–20	0,40	2,0	20	–
	10	100	5–20	2,00	8,8	88	2
	8	80	2–20	–	–	–	9

После испытания Устройство извлекают и производят его внешний осмотр по п. 5.2 и проверку его работоспособности.

5.6 Проверка работы Устройства в нормальных климатических условиях

5.8.1 Подготовка и проверка работоспособности Устройства

Для того, чтобы проверить работоспособность Устройства необходимо: установить в помещении проведения испытаний нормальных условий работы Устройства, которые указаны в п.1.1.

Пользуясь руководством по эксплуатации проверить режимы работы Устройства.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

5.7 Испытание на воздействие пыли

Испытания на воздействие пыли проводят согласно ГОСТ 30630.2.7-2013. Испытания проводят с целью проверки устойчивости наружных частей изделия к разрушающему воздействию пыли, а также с целью проверки пыленепроницаемости изделия, его работоспособность в условиях воздействия летящей пыли. Метод проведения испытаний выбирается согласно ГОСТ 30630.2.7-2013.

После проведения испытаний необходимо проверить работоспособность Устройства.

5.8 Идентификация программного обеспечения

Идентификация и проверка программного обеспечения проводится в соответствии с программой и методикой испытаний программного обеспечения.

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
										Лист
										20
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

6.1 Транспортировка

– перед транспортированием Устройства необходимо его упаковать во избежание механических и других видов повреждений. Требования по упаковке Устройства приведены в п 1.4.2 и 1.9;

– транспортирование Устройства в упаковке изготовителя может производиться любым видом закрытого транспорта без ограничения скорости (ГОСТ 23088-80, при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха до 100 % при температуре 25 °С);

– при транспортировании при температуре ниже 0 °С распаковка Устройства должна проводиться только после выдержки при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ не менее 2 ч.

Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании упакованного Устройства должны строго соблюдаться требования всех предупредительных знаков и надписей, указанные на ящике согласно ГОС 14192-96.

6.2 Хранение

Устройство в упаковке должно храниться в сухом отапливаемом помещении в условиях при температуре от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 85 % при 25 °С.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

В местах хранения Устройства не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей.

Устройство всегда должно храниться и транспортироваться в ящике.

Устройство не должно подвергаться ударам и воздействию атмосферных осадков, которые могут отразиться на его работоспособности и сохранности Устройства.

Предельный срок хранения равен 12 месяцам со дня приёмки ОТК (отдел технического контроля).

При длительном хранении необходимо соблюдать требования к консервации Устройства, приведенные в п. 1.8.6 настоящего ТУ.

Инв. №	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист
	Взам. инв. №							22
	Инв. № дубл.							

7 Указания по эксплуатации

7.1 Эксплуатационные ограничения

Площадь поверхности обрабатываемых объектов не более 48 мм². Размер обрабатываемых объектов не более 6x8x1 мм.

7.2 Подготовка изделия к использованию

7.2.1 Перед началом работы с Устройством, потребитель должен внимательно ознакомиться с назначением Устройства, его техническими данными и характеристиками, Устройством и принципом действия, а также с руководством по эксплуатации.

7.2.2 При вводе Устройства в эксплуатацию необходимо проверить его комплектность, провести внешний осмотр с целью выявления наличия (отсутствия) механических повреждений.

7.2.3 Эксплуатация Устройства допускается только в нормальных условиях, указанных в п.1.1. При непосредственном проведении химического анализа рекомендуется работать с Устройством также при нормальных условиях.

7.2.4 При помощи USB-кабеля необходимо подключить Устройство к ПК. С помощью шнура питания подключить Устройство в сеть питания с напряжением 220 В. Далее необходимо произвести установку (инсталляцию) ПО на используемый ПК. Дальнейшее проведение измерений с помощью Устройства проводить на ПК согласно порядку, указанному в руководстве пользователя.

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	23

8 Гарантии изготовителя

8.1 Предприятие изготовитель гарантирует соответствие Устройства заявленным техническим характеристикам.

8.2 Гарантийный срок, в течение которого предприятие–изготовитель обязуется устранять выявленные неисправности, составляет 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 15 месяцев от даты отгрузки Устройства потребителю.

8.3 Предприятие обязуется заменить или отремонтировать Устройство, если в течение гарантийного срока потребитель обнаружит дефекты или неисправности.

8.4 Гарантийные права потребителя признаются в течение указанного срока, если он выполняет все требования по транспортировке, хранению и эксплуатации в соответствии с настоящим ТУ.

8.5 Потребитель лишается права на гарантийный ремонт в следующих случаях:

- при нарушении правил транспортировки, хранения и эксплуатации;
- при нарушении правил технического обслуживания;
- при наличии механических повреждений наружных или внутренних деталей Устройства.

8.6 В случаях выхода Устройства из строя в послегарантийный период ремонт может производиться предприятием–изготовителем по отдельному договору за счет потребителя.

8.7 Гарантия не распространяется на соединительные кабели и проводники, поставляемые в комплекте с Устройством.

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
					Лист				
					24				

Приложение А

(Справочное)

Перечень документов, на которые даны ссылки в настоящих технических условиях

<table><tr><td rowspan="2">Подпись и дата</td><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">Инв. № дубл.</td><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">Взам. инв. №</td><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">Подпись и дата</td><td></td></tr><tr><td></td></tr><tr><td rowspan="2">Инв. №</td><td></td></tr><tr><td></td></tr></table>	Подпись и дата			Инв. № дубл.			Взам. инв. №			Подпись и дата			Инв. №			Обозначение документа	Наименование документа	Номер пункта ТУ
		Подпись и дата																
	Инв. № дубл.																	
	Взам. инв. №																	
	Подпись и дата																	
	Инв. №																	
	ГОСТ 15150-69	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды	1.4 6.1															
	СанПин 2.2.2.542-96	Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы	1.5.1															
	СанПиН 2.2.4.548-96	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений	1.5.1															
ГОСТ 23088-80	Изделия электронной техники. Требования к упаковке, транспортированию и методы испытаний	1.4, 1.9 6.1																
ГОСТ 9.014-78	Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования	1.6.1 1.8.5																
ГОСТ 30668-2000	Изделия электронной техники. Маркировка	1.8																
ГОСТ 14192-96	Маркировка грузов	1.8, 6.1																
ГОСТ Р 52901-2007	Картон гофрированный для упаковки продукции. Технические условия	1.9.2																
ГОСТ 9142-2014	Ящики из гофрированного картона. Общие технические условия	1.9.2																
ГОСТ 12.1.019-2009	Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты	2.1																
ГОСТ 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования	2.2																
	Российская Федерация. Федеральный закон «об охране окружающей среды» от 12 марта 2014 № 7 –	3																
ГОСТ 15.201-2000	Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.	4.2																
ГОСТ 30630.0.0-99	Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования	5.1, 5.4																
Инв. №				Лист														
	Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата												
					25													

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

[illegible]

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Приложение В
(обязательное)

Раздел

THE METHOD OF DIGITAL COLORIMETRIC ANALYSIS

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Выймова Т. А.		
Консультант с кафедры КИСМ			
Должность	ФИО	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев С.В.		
Консультант– лингвист кафедры иностранных языков ИК			
Должность	ФИО	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепетовский Д.В.		

Terms

Метрологическое обеспечение	Metrological support
Количественный химический анализ	Quantitative chemical analysis
Аналитическая химия	Analytical chemistry
Метрологический контроль	Metrological control
Физико-химический анализ	Physical-chemical analysis
Спектральный анализ	Spectral analysis
Спектрофотометрический анализ	Spectrophotometric method
Однокомпонентный анализ	Single-component analysis
Многокомпонентный анализ	Multicomponent analysis
Оптические методы	Optical methods
Абсорбционный анализ	Absorption analysis
Цветометрия	Colorimetric
Цветовая шкала	Color scale
Цифровой цветометрический анализ	Digital colorimetric analysis
Полимерные оптоды	Polymeric optodes

Introduction

Rapid analytical testing is required in different production processes (for example, in inspection of water chemistry of power installations, water cleaning and water conditioning); in environmental monitoring; in biometric and biomedical analysis (for instance, blood test for lithium ions, specific proteins, vitamins, etc.). In the class of optical analytical methods, the spectrophotometry is traditionally used. In this case, optical density or transmission of solutions are evaluated with subsequent their recalculation in terms of parameters of substances under investigation sought for. Frequently, the optical spectrum obtained is so complicated that cannot be easily interpreted. Traditional spectrophotometers needs a sample preparation and have unsatisfactory mass and dimensional characteristics (5–8 kg) that restricts their applications to large-scale quick tests.

1 Digital colorimetric analysis

1.1 The method of digital colorimetric analysis

Colorimetry – science of measurement methods and amounts of color expression. It is considered as a characteristic of the spectral composition of light (reflected and transmitted by non-self-luminous solid) on visual perception. In accordance with the three-component theory, any color can be represented as the sum of three components, so-called primary colors. The choice of these colors determines the color coordinate system in which any color can be represented by a point (or color vector that is directed from the origin to that point) with three color coordinates – three numbers. Last, correspond to the amounts of primary colors in the color under the standard conditions of observation [15, 16].

Increasing interest with imaging devices is gaining chemical analysis based on color changes recorded. This is due to its several significant advantages, such as simplicity of use, and the fact that it is easily combinable with portable and common imaging devices, resulting in friendly analytical procedures in many areas that demand out-of-lab applications for in situ and real-time monitoring.

Using Colorimetric information in chemical analysis began in the 1960s, when the indicators have been proposed which change color depending on the presence of a substance, for example, detecting the concentration of hydrogen ions or metal indicators [17, 23]. These indicators represent a clear, solid PVC carrier (matrix), which is immobilized with analytical reagent. However, these sensors can only be used under laboratory conditions where we can a spectrophotometer. In addition, the reagent in immobilization matrix must be converted to a lipophilic form. There are indicator sensitive powdered materials that are used in the form of tablets or in indicator tubes for the determination of metal ions, anions, organic compounds in liquids as well [18, 19, 21]. On top of these, analytical methods were essentially remaining qualitative rather than quantitative.

In recent decades, a new optical analytical method it has spread - digital colorimetric analysis, wherein the sensing chemical sensors (chemosensors) elements are

used in the form of membranes, generated from reagents immobilized on a solid polymer matrix. The immobilized reagents, interacting with defined component, change the color of the solid matrix. This color change after the reaction is maintained for a long time, and indicates the presence of a determined component [26].

Image sensors that duplicate and enhance human vision by electronically perceiving and understanding an image and the coupling of color reactions and processes with image sensors and software, along with the development of new selective chemistries. The advent of color detectors has opened the door to new strategies and opportunities in analytical chemistry.

The advent of image sensors and the later explosive development of consumer electronics at the end of the 20th and beginning of the 21st century placed numerous devices with optical detection capabilities in the hands of end users. Their characteristics of sensitivity, ubiquity, affordability and portability make them attractive as potential analytical tools, combining recognition of the event and signal processing in a single device. Particularly interesting are mobile phones and tablets because of their combination of connectivity and their ability to take pictures with computational power, which has made it possible to develop new concepts that can be included in health information technology and telemedicine and mobile health services through on-site processing and remote processing through data transfer to a centralized facility for archiving and analysis [22].

Since the beginning of the second half of the 20th century to the present day digital analysis based on color sensors is the most urgent and growing field of analytical chemistry, an increasing number of publications were observed in recent years; indeed, 87.5% of the papers were published during the last decade (2005–2015).

1.2 Polymeric optodes

Optical chemical sensors play an important part in industrial and environmental monitoring thanks to their low cost, possibility for miniaturization and great flexibility. Among different types of optical chemical sensors, colorimetric sensors (optodes) are

especially attractive because they recognize analytes through color change that allows obtaining the visually observed and easily measurable analytical signal. The analytical signal measurement can be carried out using not only standard spectrophotometric equipment, but also some modern engineering solutions like portable fiber optic spectrometer connected to a mobile computer or smart (or even cell) phone and also the naked eye without the use of an expensive equipment. The naked eye techniques cannot be as accurate as spectrophotometry. That is why the visible color changes should be measured using some device, say, a scanner, a color sensor, a digital camera, etc. An optode image is captured and transferred to a computer and the color is interpreted using an imaging software. Employment of digital image processing has been widely introduced in analytical chemistry due to opportunity of fast and direct quantitative analyte determinations and simultaneous analytes detection.

Optodes usually utilize reagents immobilized in a solid matrix in the form of a monolith or a thin film. The reagents are responsible for the extraction of the analyte into the sensing material and generating an optical signal proportional to change in the analyte concentration. Choice of a support matrix depends on various parameters like permeability for the analyte, mechanical stability and suitability for reagent immobilization. As a support matrix, different sorbents are applied, such as polymer matrix, cellulose and silica gel. Perspective kind of optode is the optically transparent polymer matrix due to that its absorbance can be measured in most ease way. Another advantages of the polymeric materials are its high mechanical strength, chemical resistance, process ability and ability to be easily incorporated into measuring instrument. Thereby, many scientific groups carry out researches aimed on creating transparent matrices able to preserve both analytical properties of immobilized reagents and optical properties of an initial matrix.

In this project, it is proposed to use transparent polymethacrylate matrix (PMM) for physical immobilization of analytical reagents. This allows combining transparency-lossless immobilization of reagents in the solid phase with the reagents capability to participate in the analytical reaction accompanied by an optical effect. As a result of the PMM contact with a solution containing determined component, in the

optode a colored coordinately saturated complex is formed, a color of which is in one-to-one correspondence with the content of the determined component in the sample. A particular color depends mainly on the reagent and determined component, and its tint (or color intensity) – on the component amount. An optical signal of the polymeric optode to be inputted into the computer can be digitized by means of a color sensor or usual office scanner.

In order to produce optodes that virtually are a transparent polymeric material containing functional groups being able to sorb and extract analytical reagents, and determined substances, Gavrilenko N. et al. developed a special original technique and laboratory installation. By means of the installation, a radical block polymerization of methacrylic monomers is fulfilled in form of plates 0.5-0.6 mm thick. Then the plates are parted into necessary size chips. Each of the chips is the polymethacrylate matrix (PMM).

Then (see Fig. 1) the immobilization of analytical reagents in a static mode is implemented where the PMM is exposed in water, water-organic or organic reagent solutions for 515 min. After the immobilization, the matrix remains transparent and uncolored.

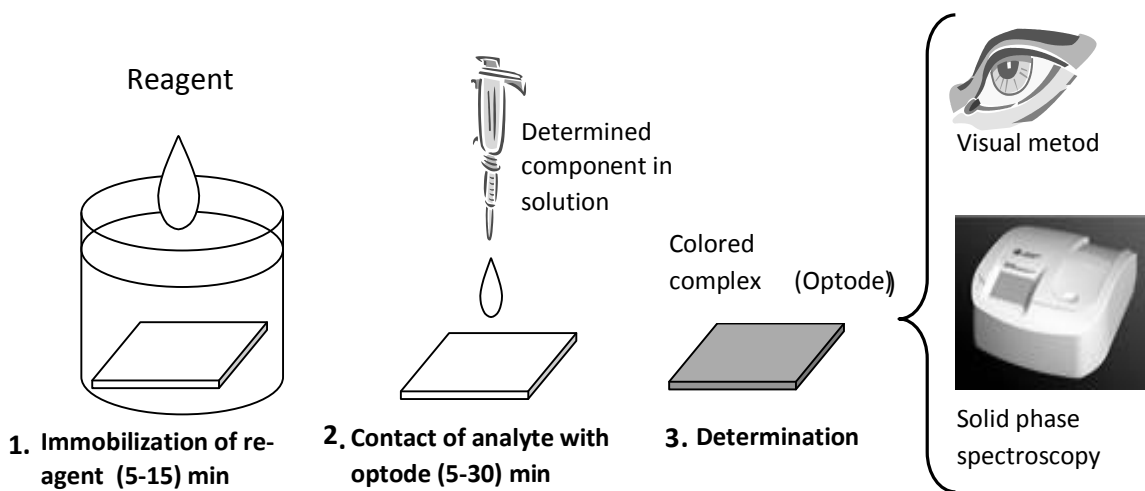


Fig. 1. Obtaining sequence an application of the polymeric optodes.

Because of the contact of the matrix with the solution containing determined component, in the PMM, under certain pH, a colored coordinately saturated complex

is formed, a color of which is in one-to-one mapping with the content C of the determined component in a sample. A particular color depends mainly on the reagent and determined component, and its luminosity – on the component amount. The absorption spectrum of the matrix has a maximum corresponding to the wavelength λ_{\max} defining its color. For example, in Table 1 some of metals are shown as determined components and their appropriate analytical reagents, optode colors and absorption spectrum maximums.

1.3 Colorimetry scale

Colorimetry scale is a set of color reference samples with different color intensities. The color intensity of the sensors depends on the concentration of a chemical element and solution added (Fig. 2)










Supporting optodes									
C, mg/l	0,000	0,024	0,050	0,074	0,100	0,124	0,150	0,174	0,200

Fig. 2– Scale to determine the concentration of silver

1.4 Portable colorimetry instrumentation

Portable instruments are required in different fields including the chemical industry, point-of-care testing, terrorism defense, environmental protection, geochemical surveying and occupational safety, among others. From the point of view of portable instrumentation, several factors have to be taken into account for the design of devices for the colorimetric analysis of samples in analytical chemistry. In this field, trade-offs between size, weight, power consumption, performance, frequency, and adaptability of the system to environmental conditions need to be established. The weight and size of

a portable instrument must be as low and small as possible. It should always be easily transportable by anyone, an important characteristic when bringing it to the sample and not vice-versa. This is also important for occupational safety monitoring (so-called direct-reading instruments) and analyzing potentially hazardous samples such as carcinogens, highly toxic chemicals and potentially explosive atmospheres where real-time data and remote monitoring is advisable or mandatory to enable rapid decision-making. Moreover, these instruments should be ready for outdoor operation, where environmental conditions change much more than in stable indoor conditions. In the design and construction of portable analytical instruments, environmental conditions such as temperature, pressure, humidity and moisture, corrosive fumes, aerosols, organic vapours and electromagnetic interference need to be considered carefully.

Moreover, the sample to be analyzed by each chemical application imposes some limitations on the instrument design regarding its own requirements such as the excitation source, volume of the sample or other characteristics such as viscosity, target concentration range, interfering agents or component stability of the sample. Portable instruments typically require a small amount of sample without any reagents or with the reagents immobilized on a disposable element or included as a solution in a small reservoir included in the instrument, producing little, if any, waste. In this way, the portable instrument can provide information about the current concentration of the analyzed object rather than a time-averaged value.

In the last decade, portable analytical instrumentation based on color detection has usually had very similar block diagrams containing the following basic subsystems (replicated in case of multianalyte determination): light source, light guide (including free space), wavelength-selection device, color or image detector and control/signal processing/transmitting electronics. Regarding color detectors since they can provide direct colorimetric information (usually RGB coordinates) through the conversion carried out by the internal photodiodes that constitute the detector from the integrated incident light coming from a small area (below 1 cm²). A digital color sensor is usually a monolithic CMOS photo integrated circuit (IC) that provides the response at three different wavelength bands, which are red, green and blue components. A photo IC

consists of a photosensitive part, usually a photodiode array, and a signal processing circuit integrated into the same package. The photosensitive part consists of a number of elements arrayed in a mosaic pattern where each element is sensitive to a wavelength using optical filters. This combination of photodiodes with filters, such as a Bayer filter, makes it possible to detect selected regions of the spectra, only taking into account the wavelengths of interest providing high resolution for the colorimetric information of the sensing surface. The processing circuit usually consists of an amplifier, an analog-to digital converter, and the necessary elements to convert the received power to a digital signal. The advantages that this kind of detector has regarding image detectors include compactness, resistance to electromagnetic induction noise, high reliability, lower power consumption and high cost performance in a small.

Currently, there are two different types of photo IC. The first is a monolithic photo IC that includes the photosensitive and processing circuit in the same chip, offering high-speed response and lower sensitivity to electromagnetic noise. The other type is a hybrid photo IC where each part is placed in a different chip, which are connected within one package. The main advantage of the hybrid IC is the possibility of improving some characteristics such as the sensitive area or the spectral response. Then, the detected signals are serially outputted as words of digital data, depending on the number of bits on the model of the digital color sensor used. The incident light is converted into frequency and the output is a serial word of bits, one for each measured color. To the best of our knowledge, our research group has only applied this digital color detector to the field of chemical analysis using colorimetric techniques. These sensors have been applied to pH determination using an array of colorimetric sensors including acid-base indicators and for gaseous oxygen determination as part of a smart RFID tag. In these studies, the different configurable parameters of digital color sensors have been optimized to each particular case. The model used in these portable devices is S2706 from Hamamatsu (Hamamatsu Photonics, Japan), which offers 12-bits of resolution per channel. Currently, there are 16-bit resolution models from the same manufacturer that are under study. The S9706 model permits the configuration of the active area (number of active photodiodes to integrate incident light radiation) and integration

time (time to integrate the amount of incident light in the sensor). For a given value of illuminance, the higher the integration time, the higher the output of the detector. The studies carried out have observed that a higher resolution time improves the resolution of the system where it is integrated, but also increases the time of response of the instrument.

Another portable instrument is presented in the patent by Tokhtuev, where a portable multi-channel device for optically testing a liquid sample (e.g., chlorine concentration in water, turbidity, and color) is described comprising a controller and a sample holder with a cylindrical sample compartment and at least two optical channels respectively to measure the turbidity and color of the sample. A compact optical sensor based on photometric detection of six soil nutrients was also developed consisting of three LEDs and a simple data I/O circuit using a PIC (peripheral interface controller) device. With a similar architecture based on a microcontroller, our research group has developed a variety of portable colorimetric instruments for virgin-olive oil classification with a white LED as a light source and a digital color detector. A prototype has also been developed for gaseous oxygen concentration measuring the intensity of the red coordinate (in a RGB color space) using the previously described color detector for real-time breath monitoring. Another example of this kind of architecture is a system whose sensing module consists of a UV LED to reduce incident light interference and a color CMOS micro-camera to obtain an image of the sensing film. In this case, the integrated microcontroller obtains the R coordinate that matches the fluorophore emission (PtOEP) related to oxygen concentration processes the obtained image.

For sensing array detection, a handheld instrument has been presented for the measurement of pH using a disposable optical sensor array. The acquisition of color information from the indicator array is obtained with a wide and programmable light source (organic light-emitting diode, OLED, display). Digital color detectors that output the measured RGB coordinates coming from each membrane, in digital format, which are used to calculate the H coordinate of the HSV color space as the analytical parameter using different mathematical models including an ANN. In a similar way, a

handheld instrument that measures heavy metal concentration from a colorimetric sensor array used the hue component of the HSV color space.

This system makes it unnecessary to replicate the sensing module (light source and detector) for each sample position of the array, as occurs with the previously developed instrument since the micro-camera acts as a detector for the complete sensing array.

In different cases, some of the optical sensors included in the portable analytical systems mentioned above were also previously tested, for example for oxygen concentration measurement with a digital camera and for calibration purposes with a flat-bed scanner for full range pH determination using an artificial neural network. These systems make it possible to compare the response obtained with instrumentation and commercial devices to test the good performance of the designed equipment.

2 Digital colorimetric analyzer

2.1 General principles and technical features

Analytical procedures of colorimetric express-determination of dangerous substances in natural and anthropogenic objects were developed: tracer agents in drilling liquid (formation water); overall content of heavy metals, cobalt and chromium in tap water, waste water of one of Tomsk industrial enterprise, and in water of Tom river; content of nitrites and overall content of heavy metals in soil and vegetables cultivated on this soil. The developed procedures allows an express-determination of dangerous substances in natural and anthropogenic objects with metrological performance comparable to those of traditional solid-phase spectrophotometry.

A prototype DCA 2.1 of mobile colorimetric system was developed, intended for express-determination of dangerous substances in natural and anthropogenic objects. The system includes the following units: primary measurement transducer (optode) on the base of polymethacrylate matrix (PMM) manufactured to determine a particular substance by means of immobilization of necessary reagents; secondary measurement transducer including semiconductor RGB-sensor; signal processing block (SPB) on the base of data acquisition board including dual-core microprocessor, analog-to-digital convertor, and also Wi-Fi module and USB interface; notebook to run a software for the units control, processing and visualization of colorimetric information. Overall instrumental uncertainty of the DCA 2.1 is less than 1%.

2.2 Software DCA 2.1

Software for the mobile colorimetric system DCA 2.1 was developed in the graphical programming environment LabVIEW 2015. Lower level software is running on the SPB processor and is intended to control the secondary measurement transducer, to digitize its output analog signals and to convert color coordinates into 24-bit RGB-code. Higher-level software functions on the notebook and implements a general algo-

rithm of processing and visualization of colorimetric measurements. The software virtual front panel implementing user interface is divided into five functional windows with the following names: «Colorimetric scale»; «Calibration curve $dE = f(C)$ »; «Optodes' color coordinates»; «Concentration C_x »; «Service options» (Fig. 3).

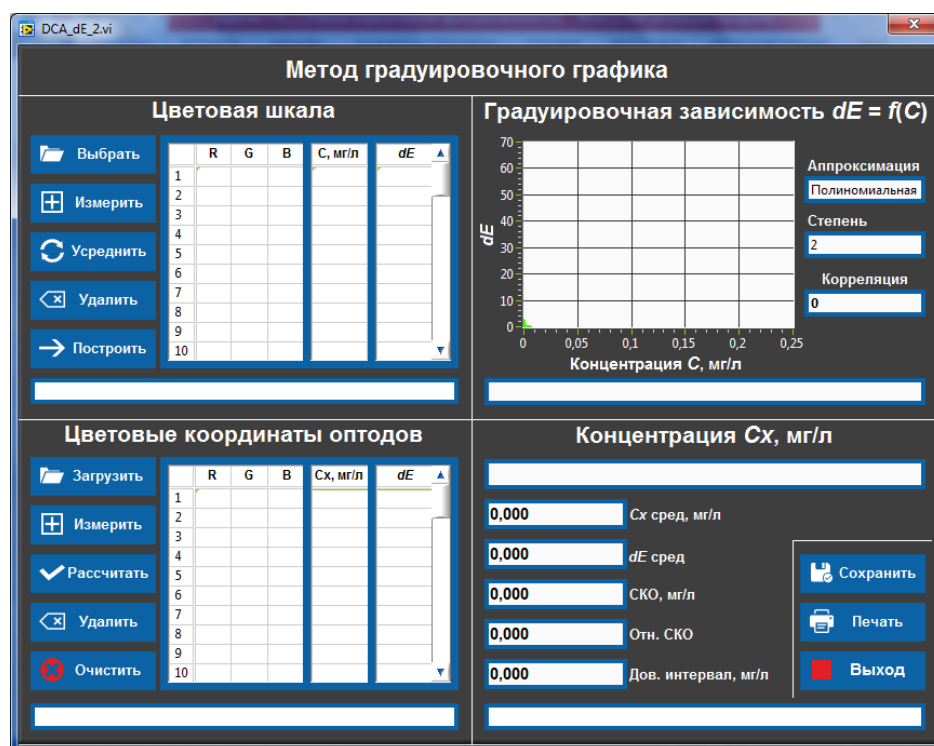


Fig.3– Faceplate

Table 1 – Technical features

Operational range of wavelength, nm	400 – 700
Accuracy determination of a substance, %	20
Power supply specifications	220 V
Outline dimension, mm	60x115x25
Size of sensor, mm	6×8×1
Mass, kg	0.5
Scan time, ms	25–30
Continuous work time	<u>time in use</u> computer
Normal conditions	
Ambient air temperature, °C	20 ± 5
Atmospheric moisture capacity for 20 °C, %	65 ± 15
Atmosphere pressure, kPa	100 ± 4

There were carried out research tests of the prototype mobile colorimetric system DCA-2.1 using the developed procedures of colorimetric express-determination. In the course of tests, by means of method of standard addition there were studied trueness and repeatability of the measurement results. To estimate trueness, it was used expressed in percent's difference between found and introduced contents of the standard addition divided by the introduced value. The following trueness estimates were obtained.